

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza vybraných ukazatelů kvality vody

The analysis of selected parameters of water quality

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Eva SAMKOVÁ, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: RNDr. Marcela VYLETĚLOVÁ, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Iveta KŘÍŽOVÁ

České Budějovice

2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Iveta KRÍŽOVÁ**
Osobní číslo: **Z11696**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Analýza vybraných ukazatelů kvality vody**
Zadávatel katedra: **Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů**

Zásady pro vypracování:

Pitná voda je významnou součástí v řadě potravin, je využívána dále ve výrobě pro čištění provozních linek či dopravních cest a ovlivňuje tak ve velké míře kvalitu výsledných surovin a potravinářských produktů.

Cílem diplomové práce bude analýza vybraných ukazatelů kvality pitné vody, příp. posouzení faktorů, které ji ovlivňují.


Diplomová práce je součástí řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0081 a bude vypracována na základě pokynů uvedených na www.zf.jcu.cz/studenti/informace-pro-studujici/ podle následující osnovy:

1. Úvod - význam řešené problematiky včetně uvedení cílů práce
2. Literární přehled - současné poznatky o dané problematice zpracované na základě studia vědecké a odborné literatury
3. Materiál a metodika - popis použitých analytických metod včetně metod statistických
4. Výsledky a diskuse - tabulkové a grafické zpracování získaných dat navazující na cíl práce, jejich statistické vyhodnocení a porovnání se zjištěnými literárními údaji
5. Závěr - shrnutí výsledků práce a doporučení vyplývající z řešené problematiky
6. Summary - přehled a nejdůležitější výsledky včetně klíčových slov (v anglickém jazyce)
7. Seznam literatury - podle zásad ČSN 01 0197, ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2.


Rozsah grafických prací: grafy a tabulky dle vlastního uvážení
Rozsah pracovní zprávy: 25-35 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

- GORDON LINE J. et al.: Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management*, 2010, 97 (4): 512-519.
- LEWICKI, P.P.: Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of Food Engineering*, 2004, 61 (4): 483-495.
- Vyhláška MZd č. 187/2005 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody a další zákony, vyhlášky a nařízení legislativy ČR a EU týkající se zásad a požadavků na jakost vody.
- Databáze WOS, Česká zemědělská bibliografie, CAB Abstracts, PROQUEST, dostupné na: <http://www.lib.jcu.cz/cs/databaze>
- Vědecké a odborné publikace v časopisech Výživa a potraviny, Mlékařské listy apod.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Eva Samková, Ph.D.
Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů
Konzultant diplomové práce: RNDr. Marcela Vyletěllová, Ph.D.
VUCHS, s.r.o., Vikýřovice, odd. mikrob.
Datum zadání diplomové práce: 28. března 2012
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2013


Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
študentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2012

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně na základě vlastních poznatků a s použitím pramenů uvedených v přehledu 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 elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 26. dubna 2013

.....
Bc. Iveta Křížová

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování za odbornou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování a řešení mé diplomové práce patří obzvláště doc. Ing. Evě Samkové, Ph.D. Děkuji i mé rodině a přátelům, kteří mě po dobu pětiletého studia podporovali.

Zvláštní dík patří Bc. Haně Leherové ze společnosti AGRO-LA, spol. s r. o., za poskytnuté materiály a informace.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo analyzovat vybrané ukazatele kvality pitné vody. Byly vybrány mikrobiologické ukazatele, protože poskytují přesný obraz o hygienické hodnotě vody. Sledované mikrobiologické ukazatele kvality pitné vody *Escherichia coli*, koliformní bakterie, počty kolonií při 22 °C a počty kolonií při 36 °C, byly hodnoceny z hlediska vlivu okresu (České Budějovice, Jindřichův Hradec, Pelhřimov), roku (2010, 2011, 2012), původu (studna, vodovod, vrt, vodojem, studánka), odběratele (podnikatel, soukromá osoba) a místa určení (veřejné místo, domácnost, kravín). Výsledky byly poté vyhodnoceny na základě studia odborné literatury a legislativy platné pro pitnou vodu. U ukazatele *Escherichia coli* překročilo nejvyšší mezní hodnotu stanovenou vyhláškou 13,3 % vzorků. Vliv původu byl vyhodnocen jako statisticky významný ($p < 0,05$). Mezní hodnotu u koliformních bakterií překročilo 45,3 % vzorků. Statisticky velmi významný ($p < 0,001$) byl vliv původu. U počtu kolonií při 22 °C nadlimitních mezních hodnot dosahovalo 12,9 % vzorků. Jako statisticky významný se ukázal vliv roku ($p < 0,01$) a jako statisticky velmi významný ($p < 0,001$) vliv původu a odběratele. U počtu kolonií při 36 °C překročilo mezní hodnotu 8,1 % vzorků. Vliv odběratele byl vyhodnocen jako statisticky významný ($p < 0,05$) a vliv původu jako statisticky velmi významný ($p < 0,001$). Mikrobiologická kvalita pitné vody v monitorovaných oblastech není dobrá, téměř ve všech hodnocených ukazatelích překračuje limitní hodnoty dané vyhláškou. Nejhorší kvalitě pitné vody v monitorovaných oblastech se dostávalo ve studnách. Byla prokázána korelace sledovaných mikrobiologických ukazatelů a vybraných organoleptických a chemických ukazatelů kvality pitné vody.

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

ABSTRACT

The aim of this work was to analyse chosen indicators of drinking water quality. Microbiological indicators were chosen because they offer exact picture of hygienic value of water. Monitored microbiological indicators of drinking water quality *Escherichia coli*, coliform bacteria, number of colonies at 22 °C, and number of colonies at 36 °C were evaluated from the point of view of district (České Budějovice, Jindřichův Hradec, Pelhřimov), year (2010, 2011, 2012), origin (well, water line, drill well, water tank, natural spring), purchaser (entrepreneur, private person) and a destination (public place, household, cow house). The results were then evaluated based on the research of scientific literature and legislation valid for drinking water. For the indicator *Escherichia coli*, 13,3% of the samples exceeded the highest limit value allowed by the regulations. The influence of origin was evaluated as statistically important ($p < 0,05$). 45,3% of samples exceeded the limit value for coliform bacteria. The influence of origin was statistically very important ($p < 0,001$). 12,9 % of samples reached the limit values and higher for number of colonies at 22 °C. The influence of year and origin proved to be statistically important ($p < 0,01$), the influence of purchaser even statistically very important ($p < 0,001$). For the number of colonies at 36 °C the limit value was exceeded by 8,1 % of samples. The influence of purchaser was evaluated as statistically important ($p < 0,05$) and the influence of origin as statistically very important ($p < 0,001$). Microbiological quality of drinking water in monitored area is not good, almost all evaluated indicators exceed limit values stated by the regulations. The worst quality of drinking water in the monitored area goes to wells. Correlation of microbiological indicators and chosen organoleptic and chemical indicators of drinking water quality were proved.

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

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1	LEGISLATIVA PRO PITNOU VODU.....	10
2.2	VYMEZENÍ POJMŮ.....	12
2.3	VLASTNOSTI PŘÍRODNÍCH VOD.....	13
2.4	ZÁSBOVÁNÍ PITNOU VODOU V ČR.....	15
2.5	KVALITA VODY.....	16
2.5.1	Mikrobiologický rozbor.....	17
2.5.2	Mikrobiologické ukazatele.....	18
2.5.2.1	Indikátory fekálního znečištění.....	21
2.5.2.2	Indikátory obecného znečištění.....	23
2.5.2.3	Hygienicky významné mikroorganismy.....	24
2.6	ONEMOCNĚNÍ Z PITNÉ VODY.....	25
2.6.1	Biologické příčiny nemocí.....	25
3	MATERIÁL A METODIKA	27
3.1	CÍL PRÁCE.....	27
3.2	CHARAKTERISTIKA OBLASTÍ.....	27
3.3	SLEDOVANÉ UKAZATELE.....	30
3.4	ANALÝZA VZORKŮ PITNÉ VODY.....	30
3.5	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ ÚDAJŮ.....	32
4	VÝSLEDKY A DISKUSE	33
4.1	CHARAKTERISTIKY SOUBORU DAT KVALITY PITNÉ VODY.....	33
4.2	VYBRANÉ MIKROBIOLOGICKÉ, ORGANOLEPTICKÉ, CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ UKAZATELE KVALITY PITNÉ VODY.....	36
4.2.1	MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE.....	36
4.2.2	ORGANOLEPTICKÉ UKAZATELE.....	39
4.2.3	FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ UKAZATELE.....	41
4.3	VLIV SLEDOVANÝCH FAKTORŮ NA VYBRANÉ MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE KVALITY PITNÉ VODY.....	49
4.3.1	<i>Escherichia coli</i>	49
4.3.2	Koliformní bakterie.....	51
4.3.3	Počty kolonií při 22 °C.....	53
4.3.4	Počty kolonií při 36 °C.....	57

4.4	VZTAHY MEZI VYBRANÝMI UKAZATELI KVALITY PITNÉ VODY ..	60
5	ZÁVĚR.....	62
6	SEZNAM LITERATURY	64
7	PŘÍLOHY	71
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	76

1 ÚVOD

Pitná voda patří k základním životním potřebám a její odpovídající příjem je nejen podmínkou pro správné fungování všech procesů v lidském těle, ale přispívá i k duševní pohodě člověka.

Problematika dostatku i jakosti pitné vody pro člověka bude stále nabývat na významu. Hygienické nároky na pitnou vodu totiž stoupají, ale kvalita suroviny k její „výrobě“ klesá nejen v České republice, ale i v celosvětovém měřítku. Kvalitní voda je stále vzácnější a dražší.

Závadná pitná voda může způsobit různé zdravotní problémy akutního či chronického rázu. Riziko spojené s nevhodnou kvalitou nelze vyloučit u žádné vody, bez ohledu na to, zda pochází z podzemí, či povrchu, zda se jedná o vodu z vodovodu nebo studny, o vodu upravenou nějakým zařízením nebo vodu balenou.

Nezávadnost pitné vody dnes definujeme pomocí souboru fyzikálně-chemických, mikrobiologických a organoleptických ukazatelů. Podle směrnic Světové zdravotnické organizace (dále jen WHO) má při hodnocení zdravotní nezávadnosti vody prioritní význam mikrobiologické hledisko, na které je zaměřena převážná část této práce. Je zde sledován vývoj jednotlivých mikrobiologických ukazatelů (příp. fyzikálních, chemických a organoleptických) v určitých oblastech Jihočeského kraje a kraje Vysočina.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví definuje pitnou vodu jako „zdravotně nezávadnou 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“ (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 10. 5. 2012).

„Pitná voda musí mít takové vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví, dále pak pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví“ je mimo jiné uvedeno ve Vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 10. 5. 2012). Ve jmenované vyhlášce jsou též předepsány referenční metody - normy (blíže v kapitole 3.4), kterými se mikrobiologické ukazatele stanovují (BAUDIŠOVÁ, 2007).

Poskytování bezpečné pitné vody je složitý multidisciplinární úkol, který spočívá v kolektivním úsilí jednotlivců z nejrůznějších oborů a oblastí (McFEETERS, 1990).

2.1 LEGISLATIVA PRO PITNOU VODU

Požadavky na jakost pitné vody a její kontrolu vycházejí z legislativy Evropské unie a legislativy České republiky, přičemž respektují stanovené hygienické a jakostní požadavky (limity).

Nezávadnost pitné vody je dána hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních a chemických ukazatelů. Pitná voda je kontrolována analytickými metodami v souladu s Vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. včetně novelizací (poslední novela Vyhláškou č. 293/2006 Sb.), kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 10. 5. 2012). Tato vyhláška vychází ze Směrnice Evropské unie 98/83/EC o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu (CHAVE, 2001). Přesto

má česká legislativa určitá specifika národní úpravy, např. má o 15 ukazatelů více (např. beryllium, microcystin-LR, hořčík a vápník, chloritany, mikroskopický obraz atd.) nebo má pro některé ukazatele stanoveny přísnější limity (např. pro měď, celkový organický uhlík, chemickou spotřebu kyslíku, chloroform, chloridy atd.) (WWW.EUROPA.EU, STAŽENO 11. 5. 2012).

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 275/2004 Sb. včetně novelizací (poslední novela Vyhláškou č. 404/2006 Sb.) se zabývá požadavky na kvalitu balených vod a způsoby jejich úpravy (WWW.PORTAL.GOV.CZ, STAŽENO 21. 8. 2012).

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 409/2005 Sb., řeší hygienické požadavky na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody (WWW.PORTAL.GOV.CZ, STAŽENO 21. 8. 2012).

Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. stanovuje požadavky na jakost pitné vody u spotřebitele, požadavky na vodárenské technologie a na úpravu vody, včetně povinnosti pro dodávku vody. Dozorovým orgánem zde jsou orgány ochrany veřejného zdraví (krajské hygienické stanice, dále jen KHS) (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 21. 8. 2012).

Zákon o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb. včetně novelizací (poslední novela zákonem č. 76/2006 Sb.) upravuje práva a povinnosti při provozování vodovodů, požadavky na kontrolu kvality surové vody a vody vyrobené na úpravárnách, dodávky a ceny vody, ochranu vodovodních řadů, který vydalo Ministerstvo zemědělství (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 21. 8. 2012).

Vodní zákon č. 254/2001 Sb. včetně novelizací (poslední novela zákonem č. 180/2008 Sb.) vydaný Ministerstvem životního prostředí, upravuje mimo jiné ochranu vodních zdrojů (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 21. 8. 2012).

Řízení systému jakosti a jeho uskutečňování vychází z normy ČSN EN ISO/IEC 17 025, která je výchozím a řídicím dokumentem. Výstupem je příručka jakosti, ze které jsou definovány standardní operační postupy (SOP), které informují o provádění postupů a procesů vycházejících z příslušných norem (AMBROŽOVÁ, 2008).

Státní zdravotní dozor v oblasti zásobování obyvatelstva pitnou vodou vykonávají KHS. Při výkonu státního zdravotního dozoru postupují podle zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví. KHS provádí pravidelnou kontrolu subjektů odpovědných za kvalitu dodávané pitné vody a kontrolu kvality pitné vody formou odběru vzorků (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 21. 8. 2012). Výsledky rozborů

pitné vody shromažďují v informačním systému neveřejné webové aplikace - IS PiVo Pitná voda. IS PiVo je provozován Koordinačním střediskem pro rezortní zdravotnické informační systémy (KSRZIS), správcem je Ministerstvo zdravotnictví ČR (KOŽÍŠEK, 2012).

Dále KHS schvalují provozní řády vodovodů a veřejných studní a mohou zakázat nebo omezit používání nejakostní pitné vody, za nesplnění nebo porušení povinností mohou ukládat pokuty (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 21. 8. 2012).

2.2 VYMEZENÍ POJMŮ

V rámci Vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, byla vymezena řada pojmů, které jsou uvedeny v této kapitole.

„Hygienický limit“ (limitní hodnota)

Hodnota stanovená pro mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné a teplé vody nebo hodnota stanovená na základě zákona orgánem ochrany veřejného zdraví.

„Doporučená hodnota“ (DH)

Představuje doporučenou hodnotu ukazatele (u obsahu vápníku a hořčíku), pod doporučenou hodnotu by hodnota ukazatele neměla klesnout.

„Mezní hodnota“ (MH)

Představuje horní hranici přípustných hodnot ukazatele jakosti pitné vody, jejichž překročení obvykle neznamena akutní zdravotní riziko. Překročení MH posuzuje příslušný orgán ochrany veřejného zdraví, který může udělit výjimku na dobu určitou.

„Nejvyšší mezní hodnota“ (NMH)

Představuje hodnotu ukazatele jakosti vody, jejíž překročení vylučuje užití vody jako pitné, neurčí li orgán ochrany veřejného zdraví na základě zákona jinak.

„Úplný rozbor“

Zdravotní nezávadnost pitné vody se ověřuje úplnými rozborů. Sledují stabilitu kvality vody, případně vliv chemikálií používaných při úpravě, a zda jsou dodržovány limitní hodnoty ukazatelů. Úplný rozbor obsahuje 10 mikrobiologických a biologických

kých ukazatelů, 52 fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů (viz Příloha č. 1).

„Krácený rozbor“

Účelem krácených rozborů je získávat pravidelné informace o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úpravy vody, zvláště dezinfekce (pokud je prováděna), mikrobiologické jakosti a organoleptických vlastnostech vody, a to za účelem zjištění, zda jsou dodržovány limitní hodnoty stanovené touto vyhláškou nebo orgánem ochrany veřejného zdraví na základě zákona. Krácený rozbor obsahuje 9 mikrobiologických a biologických ukazatelů a 14 fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů (Příloha č. 2) (WWW.EAGRI.CZ, STAŽENO 10. 5. 2012).

2.3 VLASTNOSTI PŘÍRODNÍCH VOD

Povrchové vody se vyznačují vyšší proměnlivou teplotou, nižší mineralizací, také obsah kyslíku je v těchto vodách vyšší (kromě velmi znečištěných vod), mají nízký obsah oxidu uhličitého a vyšší koncentraci organických látek rozličného charakteru, i počet mikroorganismů různé skladby bývá podstatně vyšší (ŽÁČEK, 1998). HÄUSLER (1994) doplňuje, že tento druh vod také bývá kontaminován původci infekčních onemocnění, převážně fekálního původu, což např. v odlehlých oblastech mohou způsobovat i divoká zvířata nebo ptáci.

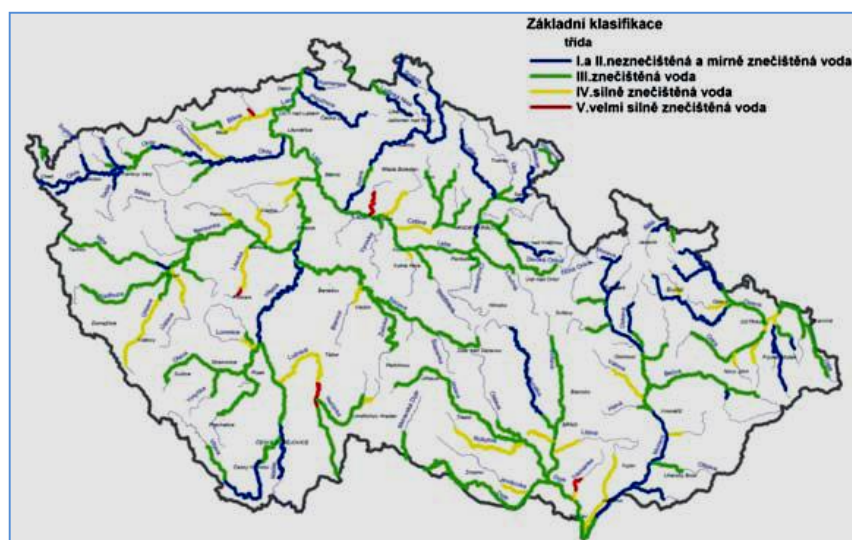
VELÍŠEK (2002) zmiňuje, že povrchové vody se podle jakosti zařazují do pěti tříd. Třídy jakosti vycházejí z hodnocení tzv. závazných ukazatelů jakosti vody, jsou to ukazatele kyslíkového režimu (množství rozpuštěného kyslíku), základních chemických a fyzikálních ukazatelů (pH, rozpuštěné látky, vodivost, nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, fosfor), doplňujících ukazatelů (obsah vápníku, hořčíku, chloridů, síranů, anionaktivních tenzidů, ropných látek, organicky vázaného chlóru), obsahu těžkých kovů (olova, kadmia, rtuti, arsenu), biologických a mikrobiologických ukazatelů (především koliformních bakterií) a ukazatelů radioaktivity.

Rozeznává se:

- velmi čistá voda (I. třída)
- čistá voda (II. třída)
- znečištěná voda (III. třída)
- silně znečištěná voda (IV. třída)
- velmi silně znečištěná voda (V. třída) (Obrázek č. 1).

Pro vodárenské účely (pitná voda) a pro potravinářský průmysl je nejlepší velmi čistá voda, která je ostatně vhodná pro všechna užití. Čistá voda je obvykle vhodná pro většinu užití (např. vodárenské účely). Znečištěná voda nachází uplatnění jen v zásobování některých průmyslových provozech (VELÍŠEK, 2002).

Obrázek č. 1: Klasifikace povrchových vod na území ČR



Zdroj: (VELÍŠEK, 2002)

Podzemní vody mají oproti povrchovým vodám stálou teplotu, kolísání fyzikálně chemických parametrů je nepatrné (ŽÁČEK, 1998).

Dle jakosti se dělí na vody vhodné a nevhodné pro vodárenské využití. Podle obsahu minerálních látek se rozlišují na:

- podzemní vody prosté (obsah rozpuštěných látek je menší než $1 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$)
- podzemní vody minerální (s větším obsahem rozpuštěných látek než $1 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) (VELÍŠEK, 2002).

Atmosférické vody, jak uvádí PITTER (1990), jsou převážně nevyhovující požadavkům kladeným na kvalitní pitnou vodu. Bývá to z důvodu nevhodného chemického složení a nedostatku biogenních prvků. Ovšem na některých místech na

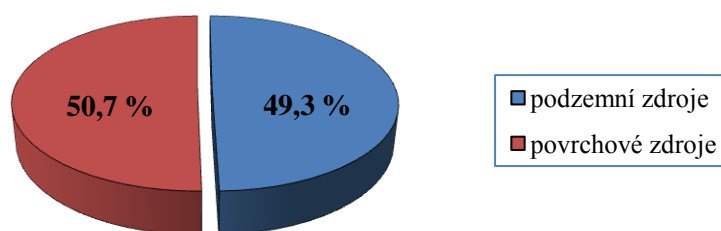
Zemi (např. ostrov Helgoland), jak zmiňuje autor, jsou lidé v zásobování pitnou vodou odkázáni převážně na vodu atmosférickou.

Dle *FADRUSE (2000)* platí zásada, že pokud se nejedná o vody s produkčními cíli, je voda tím kvalitnější, čím méně je v ní života, to vše ale za předpokladu, že potlačení živých tvorů není dosaženo vlivem toxických látek.

2.4 ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU V ČR

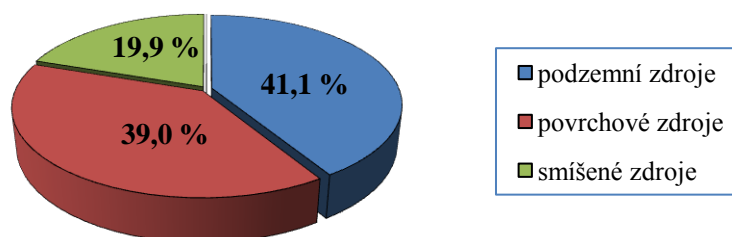
Podle ročenky Vodovody a kanalizace ČR 2011 se na vyrobené vodě podílejí podzemní zdroje celkově 50,7 % a povrchové zdroje 49,3 % (*MZe, 2012*). V roce 2011 bylo v České republice pitnou vodou z veřejného vodovodu zásobováno 93,1 % obyvatel z celkového počtu obyvatel. Vodu veřejných vodovodů tvoří ze 41,1 % voda z podzemních zdrojů, z 39 % voda z povrchových zdrojů a z 19,9 % ze smíšených zdrojů (směs povrchové a podzemní vody) (*KOŽÍŠEK, 2012*). Pro lepší orientaci jsou hlavní data uvedena v Grafu č. 1 a 2.

Graf č. 1: Rozdělení zdrojů surové vody pro výrobu pitné vody. Rok 2011.



Zdroj: (*MZe, 2012*)

Graf č. 2: Rozdělení obyvatel zásobovaných veřejnými vodovody podle zdrojů surové vody. Rok 2011.



Zdroj: (*KOŽÍŠEK, 2012*)

2.5 KVALITA VODY

Je známo mnoho přístupů a definic k vymezení pojmu kvalita. Obecnou definicí kvality vysvětluje např. norma *ISO 9000:2005: Jakost (kvalita) je „stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik“*. Inherentní je vysvětlováno jako „v sobě obsažený“. Za inherentní charakteristiky lze považovat vnitřní vlastnosti objektu kvality, kterým může být produkt, proces, zdroj nebo systém (*VEBER ET AL., 2007*).

Obecně platí, že kvalita zdrojů vody pro rozvoj národního hospodářství a pro lidskou spotřebu není vždy vyhovující. S tím samozřejmě nutně souvisí stále se zvyšující požadavky na přísnější kontrolu jakosti pitné vody. Mikrobiologické zjištění má z hlediska ochrany zdraví spotřebitele prvořadý význam a proto je neopomenutelnou součástí rozborů (*HÄUSLER, 1994*).

Jakost vody je nejvíce ovlivněna lidskou činností, především způsobem hospodaření. Významnou roli zastává také horninové podloží, probíhající procesy v půdě, rozmístění a výměra trvalých travních porostů, lesů a orné půdy v povodí a fyzikální, chemické a biologické vlastnosti vody (*TLAPÁK ET AL., 1992*).

Z dosud zjištěných průzkumů vyplývá, že na kvalitu vod má pozitivní vliv především lesní využití půdního fondu. Naopak negativně se na znečištění vody podílí především výskyt sídel, luk a pastvin, rovněž vodní eroze (zejména na orné půdě) je příčinou značného zhoršení kvality povrchových vod (*KOVÁŘ, 2008*). Mezi zemědělskou výrobou a vodním hospodářstvím zemědělské krajiny je úzká souvislost a vzájemně se ovlivňují (*TLAPÁK ET AL., 1992*). *GORDON ET AL. (2010)* uvádí, že zemědělské systémy, stejně jako ostatní ekosystémy, vytváří ekosystémové služby, tj. společenské přínosy z ekologických procesů. Tyto služby zahrnují například snížení živin, které vedou ke zlepšení kvality vody některých mokřadů.

GRAY (1994) zastává názor, že na bakteriálním osídlení vody má vliv i roční období. Při vyšších teplotách a slunečním záření se hodnoty počtů bakterií zvyšují.

Voda ovlivňuje bezpečnost, stabilitu, kvalitu a fyzikální vlastnosti potravin, neboť je často jejich nedílnou složkou. Vliv vody na fyzikální vlastnosti potravin závisí na stavu vody v potravinách (*LEWICKI, 2004*). Potravinářský průmysl, jak zmiňuje *VELÍŠEK (2002)*, má vysoké požadavky na kvalitu vody, zejména z hlediska mikrobiologického. I v pivovarnictví je voda jedna ze třech základních surovin a je

významným faktorem výsledné kvality piva. *LUKÁŠOVÁ (2001)* uvádí, že např. ve fázi investiční přípravy mlékárenského objektu je zkoumána vhodnost vody pro následnou výrobu. *SIROTNÁ (2003)* upřesňuje, že kromě základního požadavku tj., aby pitná voda neobsahovala mikroorganismy ohrožující zdraví člověka, nesmí také obsahovat mikroorganismy, které by mohly být příčinou technologické vady výrobku. *RODRÍGUEZ ET AL. (2012)* doplňuje, že i při hygieně dojení krav je nezbytná kvalitní voda pro snížení mikrobiální kontaminace mléka. *LUKÁŠOVÁ (2001)* dále zmiňuje, že koliformní bakterie vyvolávají nafukování sýrů nebo srážení mléka za vzniku plynů a nepříjemného zápachu. Mikroorganismy rodu *Pseudomonas* zase mohou způsobit nahořklou chuť mléka a žluknutí másla. Aerobní sporulující mikroorganismy se v potravinářství zařazují mezi hnilobné mikroorganismy a uplatňují se v rozkladných procesech. Anaerobní sporulující mikroorganismy způsobují „bombáže“ konzerv a „nafukování“ sýrů.

VELÍŠEK (2002) publikuje, že přísnější požadavky než na vodu pitnou jsou kladeny na vodu balenou, kterou se rozumí voda stolní a voda kojenecká, používaná jako alternativní zdroj pitné vody pro obyvatelstvo, resp. kojence. Kvalita balené vody je vymezena příslušnými předpisy. Jedná se o vybraný druh vysoce jakostní vody. Zdrojem musí být podzemní voda, která má dlouhodobou záruku jakosti.

Vzhledem k širokému spektru hodnocených ukazatelů při posuzování kvality pitné vody je v práci věnována pozornost především mikrobiologickým ukazatelům, které jsou hlavní součástí náplně kapitoly č. 4. „Výsledky a diskuse“.

2.5.1 Mikrobiologický rozbor

Hlavním cílem mikrobiologického rozboru vod je získání informací o tom, jaké druhy nebo vyšší taxonomické skupiny mikroorganismů se ve vodě vyskytují, jak vysoký je jejich počet v určité objemové jednotce.

Existují dvě hlediska, podle nichž se posuzuje přítomnost mikroorganismů ve vodním prostředí. Prioritní je hledisko hygienické, týkající se mikrobiálního osídlení pitné vody, vyhledávání příslušných zdrojů kontaminace a navrhování nápravných opatření. Hledisko ekologické je druhým, neméně významným. Nabízí možnost

posouzení řady přirozených a umělých biologických procesů ovlivňujících jakost vody (HÄUSLER, 1994).

Mikrobiologické vyšetření vody podává poměrně přesný obraz o hygienické hodnotě vody, avšak nemůže bezpečně stanovit, je-li voda vhodná nebo nevhodná pro běžné zásobení z toho důvodu, že mikrobiologicky je možno posoudit přesně pouze vzorek vody, nikoliv však celý zdroj.

V současnosti se zjišťují ty bakterie, které jsou přímým indikátorem fekálního znečištění vod, poněvadž právě na základě jejich přítomnosti předpokládáme, že jsou přítomny patogenní mikroorganismy (FRAIZ ET AL., 1983). Nejdůležitějším mikrobiologickým indikátorem fekálního znečištění vody jsou mikroby z rodu *Enterobacteriaceae*. Stanovují se všech vzorcích vod, vyžadujících posouzení z hygienického hlediska. Další bližší identifikace je nutná pro určení pravděpodobného původu kontaminace. Indikátorem jsou koliformní mikroorganismy, které samy o sobě nejsou patogenní nebo jsou podmíněně patogenní. Jejich zvýšený výskyt ve vodě však indikuje možnost kontaminace vody i patogenními mikroorganismy. Výsledky se vyjadřují jako coli index, určující počet mikrobů v 1 litru vody a coli titr, vyjadřující nejmenší množství vody, v němž se vyskytnou koliformní bakterie. Pouze při reálném podezření provádíme cílené vyšetření vody na patogenní mikroorganismy, neboť je toto vyšetření pracné a rozsáhlé (PITTER, 1990).

2.5.2 Mikrobiologické ukazatele

V této kapitole a v následující tabulce, jsou specifikované sledované ukazatele mikrobiologického rozboru, dle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. Tabulka č. 1 udává limity pro pitnou a balenou vodu.

Tabulka č. 1: Mikrobiologické a biologické ukazatele pitné vody a balené pitné vody a jejich hygienické limity.

Č.	Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu	Vysvětlivky
1	<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100 ml	0	MH	1
2	Enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
3	<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
4	Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	0	MH	
5	Mikroskopický obraz - abioseston	%	10	MH	3,4
6	Mikroskopický obraz - počet organismů	jedinci/ml	50	MH	3,4
7	Mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	MH	3,5
8	Počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	200	MH	6
		KTJ/ml	500	NMH	2
9	Počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	100	MH	7
		KTJ/ml	20	NMH	2
10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/250 ml	0	NMH	2

Zdroj: (Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb.)

Použité zkratky:

KTJ - kolonie tvořící jednotka

NMH - nejvyšší mezní hodnota

MH - mezní hodnota

DH - doporučená hodnota

Vysvětlivky k tabulce:

1. Stanovuje se u pitných vod upravovaných přímo z povrchových vod nebo podzemních vod ovlivněných povrchovými vodami. Pokud není dodržena hodnota tohoto ukazatele, musí být prozkoumán vodní zdroj a technologie úpravy, aby se zjistilo, zda lidské zdraví není potenciálně ohroženo přítomností patogenních mikroorganismů, např. kryptosporidií. Je nutné informovat příslušný orgán veřejného zdraví.
2. Platí pouze pro balenou pitnou vodu.
3. V případě nenulových hodnot ukazatelů mikroskopický obraz (počet organismů a živé organismy) a hodnot větších než 1 % u ukazatele abioseston, musí být protokol doplněn informacemi o složení přítomného aboisestonu

(případně jeho možný původ), bližším zařazením přítomných organismů a jejich možného původu (surová voda, pomnožení v síti), jejich příslušnost k obtížně odstranitelným skupinám apod. V případě výskytu živých organismů u vod zabezpečených dezinfekcí je vždy nutné udat typ organismu. U podzemních vod se zaznamenává především přítomnost organismů vázaných na povrchové vody a organismů indikujících zhoršenou jakost vody.

4. Organismy se v tomto případě rozumí sinice a všechny eukaryotní organismy (řasy, prvoci, mikromycety, vířníci, hlístice apod.). Bakterie (kromě sinic) se uvádějí pouze ve slovním popisu, ale nepočítají se do celkového počtu organismů, je možné uvádět je jako % pokryvnosti. Produkty metabolismu železitých a manganových bakterií se řadí k abiosestonu.
5. Mezní hodnota platí pouze u vod zabezpečených dezinfekcí. Živé organismy obsahující chlorofyl se odliší pomocí autofluorescence chlorofylu. Ostatní, pokud je to možné, podle dalších znaků (například pohyb, stav protoplastu).
6. Bez abnormálních změn. Pro náhradní zásobování; pro vodu dodávanou ve vzdušných, vodních a pozemních dopravních prostředcích a pro vodu z malých nedezinfikovaných zdrojů, jejichž produkce činí méně než 5 m³ za den, platí mezní hodnota 500 KTJ/ml.
7. Bez abnormálních změn. Pro náhradní zásobování; pro vodu dodávanou ve vzdušných, vodních a pozemních dopravních prostředcích a pro vodu z malých nedezinfikovaných zdrojů, které produkují méně než 5 m³ za den, platí mezní hodnota 100 KTJ/ml.

Teplá voda, vyráběná z pitné vody, dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb. (novelizovaná Vyhláškou č. 293/2006 Sb.), musí být bez příměsí podmíněně patogenních mykobakterií, virů, améb a jiných mikroorganismů (viz Tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Mikrobiologické a biologické ukazatele teplé vody a jejich hygienické limity.

Č.	Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu	Vysvětlivky
1	<i>Legionella pneumophila</i>	KTJ/100 ml	100	MH	1
2	<i>Legionella pneumophila</i>	KTJ/100 ml	0	NMH	2
3	Počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	200	MH	

Zdroj: (Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb.)

Vysvětlivky k tabulce:

1. Pro nemocnice a jiná zdravotnická a ubytovací zařízení, sprchy u veřejných koupališť a bazénů platí limit, jako mezní hodnota. Pro ostatní odběratele pitné vody platí jako doporučená hodnota, o kterou je třeba pomocí technických opatření usilovat.
2. Pro oddělení nemocnic, kde jsou umístěni imunokompromitovaní pacienti, jako jsou například oddělení transplantační, nedonošenecká, anestezioreuscitační, dialyzační, onkologie, hematoonkologie, jednotky intenzivní péče, platí limit jako nejvyšší mezní hodnota.

Základem pro většinu kritérií mikrobiologické kvality vody, z hygienického hlediska, byla definována koncepce indikačních organismů.

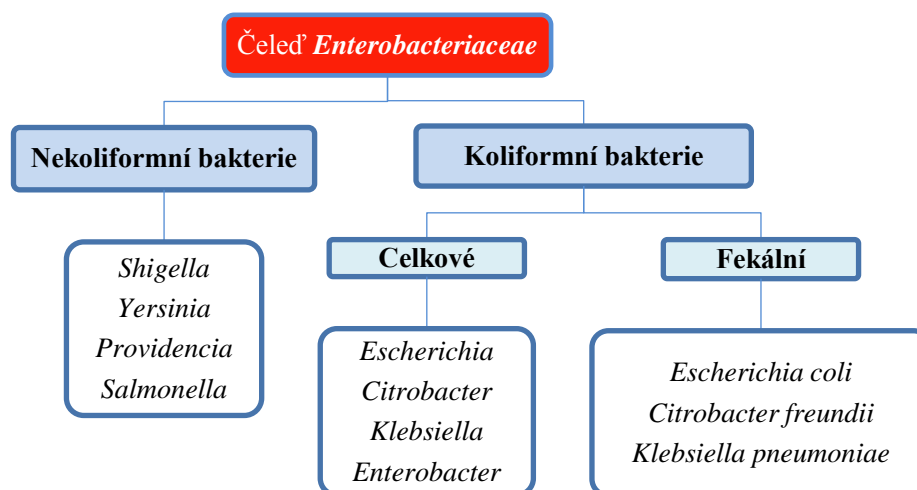
2.5.2.1 Indikátory fekálního znečištění

Indikační organismy, které jsou považovány za možné ohrožení lidského zdraví, jsou koliformní bakterie, *Escherichia coli*, enterokoky a sulfát redukující klostridie např. *Clostridium perfringens*. Jsou výlučně fekálního původu, jsou více rezistentní vůči vlivům okolního prostředí, přetrvávají déle než patogenní organismy a do značné míry se nemnoží v okolním prostředí (AMBROŽOVÁ, 2004). To ostatně potvrzuje i KLECZEK (2011). Uvádí, že při ověřování mikrobiologické nezávadnosti vody se přímo nehledají patogenní bakterie nebo viry způsobující onemocnění přenášená vodou, např. tyfus, průjemová onemocnění virového původu nebo infekční zánět jater apod., a to z důvodu technické, časové a finanční neúnosnosti. Proto všude ve světě využívají tuto koncepci, nazývanou také jako metoda indikátorů fekálního znečištění. Pokud se ve vodě některé ze zmiňovaných bakterií najdou, je voda podezřelá, že přišla do kontaktu s výkaly či zbytky živočichů, a že může obsahovat patogenní bakterie a viry, které nejčastěji pocházejí ze střevního traktu. Taková voda je považována za nezpůsobilou k pití.

Koliformní bakterie definovala WHO jako tyčinkovité, nesporulující bakterie se schopností růstu za přítomnosti žlučových solí a jiných povrchově aktivních látek. Vyznačují se schopností fermentovat laktózu při teplotě 35 °C nebo 37 °C a při tom produkují kyseliny, plyny a aldehydy během 24 až 48 hodin. Jsou aerobní nebo fakultativně aerobní. Organismy splňující tato hlediska zařazujeme do systematické

skupiny *Enterobacteriaceae* (viz Obrázek č. 1), především rody *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* a *Klebsiella*. Kontaminace způsobená přítomností celkových koliformních bakterií indikuje nevhodnou technologii úpravy vody, dodatečnou kontaminaci nebo zvýšený obsah organických látek - živin, nedostatečnou dezinfekci pitné vody (HÄUSLER, 1995).

Obrázek č. 1: Čeleď *Enterobacteriaceae*



Zdroj: (AMBROŽOVÁ, 2008)

Escherichia coli (*E. coli*), bakterie objevena v roce 1885 T. Escherichem, jsou považovány za nejlepší koliformní indikátor fekálního znečištění, pocházející z lidských a zvířecích fekálií, neboť patří mezi významný druh střevní flóry. Je to nesporotvorná, fakultativně anaerobní tyčinka, jež se pohybuje pomocí bičíku, shodují se AMBROŽOVÁ (2008), PITTER (1990) a GRABOW (1990). Dle BAUDIŠOVÉ (2007) může být příčinou řady onemocnění, kdy všechny kmeny *E. coli* mohou způsobovat sekundární infekce a některé kmeny jsou i primárními patogeny. Autorka uvádí, že nejrozšířenější celosvětový patogen je sérotyp *E. coli* O157:H7. Dále zmiňuje, že zdrojem *E. coli* v povrchových vodách mohou být kromě přímého fekálního znečištění i odtoky z čistíren odpadních vod v místech s nedokonalým nebo žádným čištěním. Závislost je vázána na hustotu osídlení s adekvátním čištěním odpadních vod.

Enterokoky neboli fekální streptokoky, jsou grampozitivní koky, které často vytvářejí diplokoky. Vyskytují se v obsahu intestinálního traktu a v mléčných produktech (HÄUSLER, 1995). Ve vodě se většinou nemnoží a přežívají jen velmi krátkou dobu, zhruba 2-5 dní (MALÝ, 1996). Z toho důvodu jsou stále považovány za

indikátor čerstvého fekálního znečištění. Oproti koliformním bakteriím jsou podstatně odolnější vůči dezinfekčním prostředkům. Jsou schopny přežít i takové koncentrace chlóru, které koliformní bakterie usmrtí. Mohou tedy indikovat nedostatečnou chloraci pitné vody za nepřítomnosti koliformních bakterií (HÄUSLER, 1995).

Clostridium perfringens, druh klostridií, který je v našich vodách nejvíce zastoupen. Obecně jsou klostridie anaerobní organismy, tvořící spory a redukující sulfidy. Spory se vykytují v intestinálním traktu, odpadní a povrchové vodě, exkrementech, v půdě a v rozkládajícím se rostlinném materiálu. Ve vodě přežívají velmi dlouho, z důvodu velké rezistence vůči chemickým a fyzikálním faktorům. Indikují staré znečištění vody nebo špatně provedenou dezinfekci (AMBROŽOVÁ, 2008). Naopak HÄUSLER (1995) publikuje, že bylo prokázáno, že se za určitých okolností mohou ve vodě množit, a proto výsledky o jejich výskytu jsou zkreslené.

2.5.2.2 Indikátory obecného znečištění

KLECZEK (2011) zmiňuje, že kromě indikátorů fekálního znečištění se používají indikátory obecného znečištění vody. Podle AMBROŽOVÉ (2008) mezi tyto indikátory patří stanovení životaschopných organismů s optimem růstu při teplotách 22 °C a 36 °C a stanovení heterotrofních (organotrofních) mikroorganismů, nazývaných dříve jako psychrofilní (resp. psychrotrofní) a mezofilní bakterie. Indikátorům obecného znečištění je v porovnání s předcházející skupinou indikátorů přisuzován menší hygienický význam. Zvýšené počty těchto indikátorů signalizují stagnaci vody, používání nevhodných plastových či jiných organických materiálů v kontaktu s vodou, průnik povrchové vody do studny, poruchy úpravy vody nebo dezinfekce.

Životaschopné mikroorganismy s optimem růstu v laboratorních podmínkách při teplotách 22 °C (vyšší teploty snášejí hůře) a 36 °C (ve vodách přežívají obtížně a jen krátkou dobu) (AMBROŽOVÁ, 2008). Jsou to aerobní bakterie, tvořící z jednotlivých buněk, jejich párů, řetězků nebo shluků, kolonie, tzv. kolonie tvořící jednotky (KTJ). Vyskytují se ve vodním prostředí, kde se i rozmnožují (HÄUSLER, 1995). V současnosti nejsou již považovány za zdravotně významné ukazatele. Údaje o výskytu vypovídají pouze o mikrobiálním znečištění vody (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

Mikroskopický obraz – abioseston. Abioseston tvoří částice organického i anorganického původu (např. části živočišných a rostlinných tkání, částice půdy, pylová zrna, prach, prázdné schránky vodních mikroorganismů, produkty koroze apod.). Abioseston v pitné vodě většinou pochází z rozvodného systému (např. železité bakterie, produkty koroze). Může se však do pitné vody dostat i ze surové vody (prázdné schránky organismů nebo různé další neživé částice organického i anorganického původu) nebo kontaminací během distribuce (např. vzdušný spad ve vodomech – prach, pylová zrna, atd.). Kvantifikuje a popisuje neživé částice, které se nacházejí v pitné vodě a tím doplňuje i stanovení zákalu. Výskyt některých částic může poukázat na původ kontaminace pitné vody (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

Mikroskopický obraz – počet organismů. Analýza zjišťuje živé i mrtvé organismy, i takové, u kterých již není možné určit životaschopnost (PAUMANN, 2003). Mikroskopické organismy se do pitné vody mohou dostat buď ze surové vody (většinou jde o řasy nebo sinice) nebo vzniknou pomnožením v rozvodném systému (např. nálevníci, bezbarví bičíkovci, mikromycéty, hlístice). Přítomné organismy indikují špatnou účinnost úpravy vody (pokud pochází ze surové vody) nebo pokud se v podzemní vodě objeví organismy vázané na povrchovou vodu, tak kontaminaci podzemního zdroje, anebo nízkou biologickou stabilitu vody, když se pomnoží heterotrofní organismy v síti – např. bezbarví bičíkovci, nálevníci, mikromycety, hlístice) (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

Mikroskopický obraz – živé organismy. Jedná se pouze o organismy neusmrcené dezinfekčním činidlem. Tento ukazatel má především indikovat špatnou účinnost dezinfekce (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

2.5.2.3 Hygienicky významné mikroorganismy

Do skupiny hygienicky významných mikroorganismů zařazuje HÄUSLER (1995) *Pseudomonas aeruginosa* a *Legionella pneumophila*, které při výskytu ve vodě znamenají hrubé závady hygienického či epidemiologického charakteru.

Pseudomonas aeruginosa jsou přímé nebo mírně zahnuté tyčinky, tvoří spory, většinou pohyblivé pomocí svazků polárních bičíků. Roste v aerobních podmínkách, při teplotách 5-42 °C. Může se vyskytovat ve fekáliích člověka a vzhledem ke schopnosti utilizovat i těžko rozložitelné organické látky je považován

za indikátor přítomnosti nevhodných organických substrátů. Také se vyskytuje v plaveckých bazénech, bývá součástí biologické masy na vnitřních stěnách potrubí. Velmi snadno se pomnožuje a proto podle *HÄUSLER* (1995) nemůže být považován za indikátor fekálního znečištění.

Legionella pneumophila. Legionely jsou fakultativně patogenní, gramnegativní aerobní tyčinky. Nacházejí se ve vodovodních a klimatizačních systémech budov. Zdravotně nejvýznamnější je *Legionella pneumophila*. Její sérotypy se nacházejí ve vodovodních zařízeních, filtrech, výparnicích, v teplé a studené vodovodní vodě, rybnících, potocích a okolní půdě. Améby zase odolávají a vytvářejí si rezistenci vůči dezinfekčním prostředkům (*HORECKÁ*, 2003).

2.6 ONEMOCNĚNÍ Z PITNÉ VODY

Nemoci z pitné vody mohou způsobit původci povahy biologické, chemické nebo radiologické (*KOŽÍŠEK ET AL.*, 2006). Vzhledem k zaměření této práce budou dále zmíněny pouze biologické příčiny nemocí z pitné vody.

2.6.1 Biologické příčiny nemocí

Vibrio cholerae je bakterie způsobující cholera. Jedná se o nebezpečné onemocnění, které se projevuje bolestmi v břiše, vodnatými až krvavými průjmy, zvracením. V ČR se každoročně vyskytne několik málo případů importovaných z exotických zemí (*KOŽÍŠEK ET AL.*, 2006).

Salmonella Typhi je bakterie způsobující břišní tyfus. Břišní tyf probíhá jako horečnaté onemocnění. Na začátku se objevuje zácpa, později průjem s krvavou stolicí (*GÖPFERTO VÁ ET AL.*, 2006).

Salmonella typhimurium a další druhy vyvolávají salmonelózy. Inkubační doba je velmi krátká (v průměru 10 hodin), pak nastupuje zvracení, průjem a malátnost. Typické jsou explozivní epidemie (*KOŽÍŠEK ET AL.*, 2006).

Shigella dysenteriae, *S. flexneri* a *S. sonnei* jsou bakterie způsobující bacilární úplavici. Jedná se o vysoce nakažlivé průjemovité onemocnění charakterizované tep-

lotami a bolestmi břicha. Komplikací je rychlá dehydratace (GÖPFERTO VÁ ET AL., 2006).

Escherichia coli je bakterie ve většině případů zcela neškodná. Existují i patogenní kmeny, díky kterým vznikla řada epidemií z pitné vody s vážnými následky. *E. coli* vyvolává průjmovitá onemocnění a ojediněle hemolyticko-uremický syndrom, při kterém převážně malým dětem selhává činnost ledvin (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

Viry hepatitidy A, E a F způsobují zánětlivé onemocnění jater. Rozhodující je fekálně-orální přenos, často kontaminovanou vodou a potravinami (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

Rotaviry způsobují virové těžké horečnaté průjmy kojenců a malých dětí. Rozhodujícím způsobem přenosu je osobní kontakt. Přenos pitnou vodou je také možný, ale není známo, jak často (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

Parazitičtí prvoci rodů *Cryptosporidium* sp. a *Giardia* sp. patří mezi původce průjmových onemocnění s celosvětovým výskytem. Oocysty kryptosporidií a cysty giardií jsou velmi odolné k vlivům prostředí a ve vodném prostředí přežívají i měsíce. V povrchových vodách se běžně vyskytují. Infekční dávka je nízká. Při nedostatečně fungující úpravě vody mohou být příčinou epidemie. Nejčastěji způsobují chronické průjmy, křeče v břiše, nevolnost a nechutenství. U osob s poruchou imunity může toto onemocnění skončit smrtí (KOŽÍŠEK ET AL., 2005).

Legionely jsou potenciálně patogenní mikroorganismy. V teplé vodě se mohou pomnožit do vysokých počtů. Hlavním představitelem je *Legionella pneumophila*. Jedná se o původce pneumonií u lidí. Inkubační doba je 2-10 dní. Projevy infekce mohou být různé - od mírného chřipkového onemocnění až po těžké zápal plic (legionářská choroba). V posledních desetiletích byly legionely příčinou mnohých epidemií v různých částech světa a jejich výskyt má stoupající tendenci (HORECKÁ, 2003).

Dalšími původci onemocnění (zejména průjmových) přenášených vodou jsou bakterie rodu *Campylobacter* sp., *Yersinia* sp., z virů adenoviry, enteroviry, noroviry, rotaviry, z prvoků *Toxoplasma gondii* (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce byla analýza vybraných ukazatelů kvality vody ve zvolených oblastech, se zaměřením na mikrobiologické ukazatele a posouzení faktorů, které je ovlivňují. Vybranými oblastmi byly okresy České Budějovice a Jindřichův Hradec v Jihočeském kraji a okres Pelhřimov v kraji Vysočina.

3.2 CHARAKTERISTIKA OBLASTÍ

Jihočeský vodárenský systém, jehož nejvýznamnějším zdrojem je nádrž Římov na Malši s úpravnou vody Plav, patří k největším v České republice. V roce 2011 veřejné vodovody zásobovaly 91 % obyvatel jihočeského regionu.

Na Vysočině hlavním dodavatelem pitné vody je Vodárenská akciová společnost Brno. Ostatními dodavateli jsou menší provozní společnosti, obce či společnosti ze sousedních krajů zásobující vodou konkrétní přílehlou obec či město Kraje Vysočina (např. Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a. s., zásobující pitnou vodou Žirovnici). Z veřejných vodovodů je zásobeno zhruba 93 % z celkového počtu obyvatel kraje.

Okres České Budějovice (Obrázek č. 2)

Převážná část území okresu je pahorkatinou, s průměrnou nadmořskou výškou kolem 500 m. Charakteristickým znakem okresu je velké množství vodních ploch. Na zamokřeném území bylo vybudováno v minulosti cca 300 rybníků. Územím protékají řeky Lužnice, Malše, Stropnice a Vltava.

Rozléhá se na 1 638 km² s celkovým počtem obyvatel cca 187 300.

Z hlediska odvětvové struktury je zde především výrazněji zastoupen sektor tržních služeb, obchodu a dopravy. Naproti tomu podíl průmyslu nedosahuje průměrné zastoupení v kraji. Vůbec nejnižší relativní zastoupení má pak zemědělství.

Okres Jindřichův Hradec (Obrázek č. 2)

Ústřední masiv části Jihlavských vrchů a Novobystřická vrchovina vytvářejí předěl území okresu, který od východu na západ přechází ve značně rozčleněnou

pahorkatinu. Odlišným prvkem v pahorkatinném charakteru povrchu okresu je Třeboňská pánev, která má mírně zvlněný reliéf. Plochý pánevní reliéf a malý spád toků Lužnice a Nežárky je příčinou vzniku rozsáhlých rašelinišť a významné rybníkářské oblasti. V okrese je přes 2 500 rybníků, svou rozlohou zaujímají zhruba 6 % plochy okresu.

Okres je svou rozlohou 1 944 km² největším okresem v České republice, čítá zhruba 92 400 obyvatel.

V odvětvové skladbě je patrný především vyšší podíl zemědělství. Proti průměru kraje je zde zastoupení téměř dvojnásobné a samozřejmě nejvyšší. Mírně pod průměrem je zastoupení průmyslu.

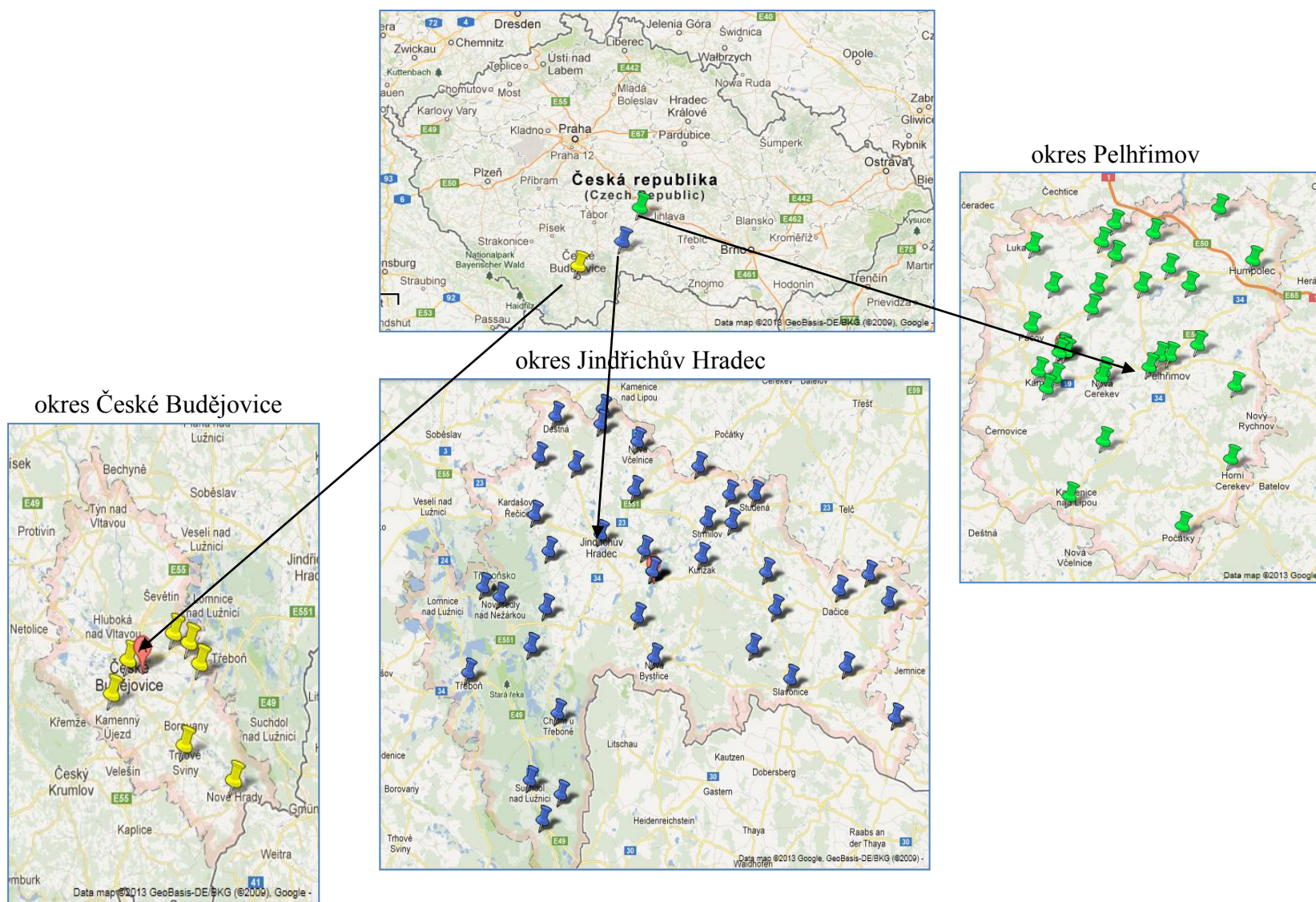
Okres Pelhřimov (Obrázek č. 2)

Leží v západní části Českomoravské vrchoviny. Celé území okresu má výrazně podhorský ráz. Je pro ně charakteristická bohatá členitost terénu s průměrnou nadmořskou výškou cca 600 metrů. Pelhřimovský okres má rozsáhlé lesy a značné množství povrchových vodních toků, ovšem jde však o potoky a řeky s poměrně malým vodním průtokem, čímž je omezena možnost jejich využívání.

Okres má rozlohu 1 290 km², čítá zhruba 72 500 obyvatel.

Zemědělská výroba dominuje nad průmyslovou výrobou.

Obrázek č. 2: Vymezení oblastí s místy odběrů vzorků pitné vody



3.3 SLEDOVANÉ UKAZATELE

Sledované vzorky pitné vody byly odebírány v okresech České Budějovice a Jindřichův Hradec v Jihočeském kraji a v okrese Pelhřimov v kraji Vysočina, v období od ledna 2010 do prosince 2012.

U hodnocených vzorků pitné vody byly jako nezávislé proměnné sledovány následující faktory:

- **Okres:** České Budějovice, Jindřichův Hradec, Pelhřimov
- **Rok:** 2010, 2011, 2012
- **Původ:** studna, vodovod, vrt, vodojem, studánka
- **Odběratel:** podnikatel, soukromá osoba
- **Místo určení:** domácnost, veřejné místo, kravín

U hodnocených vzorků pitné vody byly jako závislé proměnné sledovány následující ukazatele:

- **Mikrobiologické ukazatele:** *Escherichia coli* (777), koliformní bakterie (777), počty kolonií při 22 °C (777), počty kolonií při 36 °C (777)
- **Organoleptické ukazatele:** barva (552), chuť (552), pach (553), zákal (553)
- **Fyzikální a chemické ukazatele:** amonné ionty (554), dusičnany (556), dusitany (552), chemická spotřeba kyslíku (555), chloridy (548), konduktivita (551), mangan (548), pH (553), sírany (548), vápník a hořčík (546), železo (550).

(Číslo v závorce značí celkový počet odebraných vzorků).

(Charakteristiky, hodnoty a výsledky některých fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jsou v této práci uvedeny z důvodu posouzení možného vlivu na hodnocené mikrobiologické ukazatele).

3.4 ANALÝZA VZORKŮ PITNÉ VODY

Odběry a analýzy vzorků byly prováděny v souladu s Vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., která rovněž předepisuje referenční metody, kterými se mají mikrobiologické ukazatele stanovovat. Údaje o výsledcích jakostních

ukazatelů pitné vody jednotlivých oblastí byly poskytnuty akreditovanou laboratoří společnosti AGRO-LA, spol. s r. o. v Jindřichově Hradci.

Tabulka č. 3 uvádí čísla norem, podle kterých se rozborů pitné vody prováděly a referenční metody, příp. přístroje, kterými se sledované ukazatele analyzovaly.

Tabulka č. 3: Normy, referenční metody a přístroje pro jednotlivá stanovení

Mikrobiologické ukazatele	Norma	Metoda/přístroj
<i>Escherichia coli</i>	ČSN EN ISO 9308-1	metoda membránových filtrů; Colilert-18
koliformní bakterie	ČSN EN ISO 9308-1	metoda membránových filtrů; Colilert-18
počty kolonií při 22 °C	ČSN EN ISO 6222	živné kultivační médium
počty kolonií při 36 °C	ČSN EN ISO 6222	živné kultivační médium
Organoleptické ukazatele	Norma	Metoda/přístroj
barva	ČSN EN ISO 7887	spektrofotometrická/spektrofotometr
chuť	ČSN EN 1622	smyslové porovnávání s porovnávací vodou
pach	ČSN EN 1622	smyslové porovnávání s porovnávací vodou
zákal	ČSN EN ISO 7027	semikvantitativní /trubice, deska; kvantitativní/turbidimetr
Fyzikální a chemické ukazatele	Norma	Metoda/přístroj
amonné ionty	ČSN ISO 7150-1	manuální spektrometrická/spektrometr
dusičnany	ČSN 7890-1	fotometrická s 2,6-dimethylfenolem/spektrofotometr
dusitany	ČSN EN 26777	molekulární absorpční spektrofotometrická/spektrofotometr, fotometr
chemická spotřeba kyslíku - manganistanem	ČSN EN ISO 8467	manganistanová/obvyklé laboratorní vybavení
chloridy	ČSN ISO 9297	argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem/obvyklé laboratorní vybavení
konduktivita	ČSN EN 27888	konduktometr
mangan	Standardní pracovní postup - SOP 13	spektrofotometrická /spektrofotometr
pH	ČSN ISO 10523	elektrometrická/pH-metr
sírany	Standardní pracovní postup - SOP 10	kapilární izotachoforézy/izotachoforetický analyzátor IONOSEP 2003
vápník a hořčík	ČSN ISO 6059	odměrná metoda s použitím kyseliny ethylendiamintetraoctové/obvyklé laboratorní vybavení
železo	Standardní pracovní postup – SOP 7	absorbční spektrofotometrií po reakci s thiokyanatanem/spektrofotometr

Zdroj: (interní materiály společnosti AGRO-LA, spol. s r. o.)

V Příloze č. 3 jsou uvedeny fotografie (pořízeno v akreditované laboratoří AGRO-LA, spol. s r. o.) některých laboratorních přístrojů používaných pro analýzy.

3.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ ÚDAJŮ

Při statistickém zpracování dat byly pro výpočty výsledků využity programy Microsoft Excel a Statistica Cz 6.1 (Statsoft ČR). U souboru byly vyhodnoceny předpoklady pro užití parametrických metod a pro výpočty jednotlivých vlivů (faktorů) byla použita jednofaktorová analýza rozptylu. Pro porovnání (post-hoc testy) ve skupinách byl použit Tukeyův test na obvyklých hladinách významnosti (0,05; 0,01; 0,001).

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Pitná voda je významnou součástí řady potravin, je využívána dále ve výrobě pro čištění provozních linek či dopravních cest a ovlivňuje tak ve velké míře kvalitu výsledných surovin a potravinářských produktů.

Významnými ukazateli vypovídajícími o zdravotní nezávadnosti pitné vody jsou zejména mikrobiologické ukazatele.

Přestože Vyhláška č. 252/2004 Sb. předepisuje velké množství ukazatelů kvality vody, ať už se jedná o ukazatele mikrobiologické, fyzikální, chemické, či organoleptické, které by se měly sledovat, do této práce byly zvoleny pouze některé z nich.

4.1 CHARAKTERISTIKY SOUBORU DAT KVALITY PITNÉ VODY

Základní statistické charakteristiky u 19-ti sledovaných ukazatelů pitné vody za celé sledované období uvádí tabulka č. 4. Z celkového počtu hodnocených ukazatelů kvality pitné vody, prakticky u všech přesahovaly maximální hodnoty limit daný Vyhláškou č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Z celkového souboru 11 379 dat z let 2010-2012 překračovalo limitní hodnoty podle vyhlášky 1 856 údajů (16,3 %) při hodnocení všech sledovaných ukazatelů jakosti (mikrobiologické, fyzikální, chemické a organoleptické). Při hodnocení ukazatelů zdravotně významných či ovlivňující sensorické vlastnosti pitné vody (nejvyšší mezní hodnota a mezní hodnota, blíže v kapitole 2.2) bylo překročení limitů zjištěno u 1 340 případů (11,8 %). Ze zdravotního hlediska jsou důležité zejména údaje o nedodržování vyhlášky v ukazatelích s nejvyšší mezní hodnotou. Ta byla překročena u 204 případů (1,8 %) (Tabulka č. 5).

Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů nevyhovují z 26,3 % stanoveným požadavkům limitních hodnot daných Vyhláškou č. 252/2004 Sb. a předpisům EU. Jedná se o hodnoty ukazatelů Ca + Mg, železo, mangan, koliformní bakterie a *Escherichia coli*. Ostatní průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů odpovídají

hodnotám uváděným v literatuře. Např. *KOŽÍŠEK (2012)* udává průměrný obsah chloridů v pitné vodě 21,95 mg/l, což odpovídá zjištěné hodnotě 21,83 mg/l.

Z hodnocených organoleptických ukazatelů stojí za zmínku maximální hodnota zjištěná u barvy (111 mg/l Pt), která překračuje limit, tj. barva ≤ 20 mg/l Pt. I u zákalu byla naměřena maximální hodnota 125 ZFn, což je několikrát vyšší, než stanovuje hranice přípustných hodnot, tj. zákal ≤ 5 ZFn.

Ze sledovaných fyzikálních a chemických ukazatelů je třeba poukázat na vysoké hodnoty obsahu železa (11,5 mg/l), limitní hodnota je $\leq 0,2$ mg/l, rovněž dusitany a mangan svojí maximální naměřenou hodnotou několikrát převyšují limitní množství. Nelze opomenout ani zjištěná maxima u mikrobiologických ukazatelů, především pak u ukazatelů počty kolonií při 22 °C a 36 °C.

Ani doporučená limitní hodnota u ukazatele Ca + Mg tj. 2-3,5 mmol/l, kde minimum činilo 0,17 mmol/l a naměřené maximum 37 mmol/l, nebyla u většiny sledovaných vzorků dodržena.

Tabulka č. 4: Základní statistické charakteristiky sledovaných jakostních ukazatelů pitné vody ve sledovaných okresech České Budějovice, Jindřichův Hradec a Pelhřimov

Mikrobiologické ukazatele		n	průměr	medián	modus	min	max
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	777	2,472	0	0	0	201
koliformní bakterie	KTJ/100 ml	777	33,055	0	0	0	914
počty kolonií při 22°C	KTJ/1 ml	777	195,621	5	0	0	8366
počty kolonií při 36°C	KTJ/1 ml	777	61,392	1	0	0	5399
Organoleptické ukazatele		n	průměr	medián	modus	min	max
barva	mg/l Pt	552	5,629	2,000	2,000	0,000	111,000
chuť		552	0,018	0,000	0,000	0,000	10,000
pach		553	0,018	0,000	0,000	0,000	10,000
zákal	ZF(n)	553	2,988	0,500	0,020	0,020	125,000
Fyzikální a chemické ukazatele		n	průměr	medián	modus	min	max
amonné ionty	mg/l	554	0,112	0,100	0,100	0,010	2,400
dusičnany	mg/l	556	28,185	18,700	5,000	0,010	183,000
dusitany	mg/l	552	0,025	0,010	0,010	0,010	4,000
Chemická spotřeba kyslíku-manganistanem	mg/l	555	1,200	0,640	0,500	0,500	14,900
chloridy	mg/l	548	21,825	9,290	4,240	1,000	387,000
konduktivita	mS/m	551	28,085	22,900	15,100	5,330	150,000
mangan	mg/l	548	0,129	0,050	0,050	0,010	3,010
pH		553	6,618	6,550	6,600	5,250	8,400
sírany	mg/l	548	29,495	27,500	2,000	0,140	386,000
vápník a hořčík	mmol/l	546	1,134	0,790	0,670	0,170	37,000
železo (Fe)	mg/l	550	0,214	0,050	0,050	0,020	11,500

n = počet údajů; KTJ = kolonie tvořící jednotka; mg/l = miligram v litru; mg/l Pt = miligram platiny v litru; ZF(n) = zákal formazinem nefelometricky; mS/m = milisiemens na metr; mmol/l = milimol na litr

Tabulka č. 5: Početní a procentuální překročení limitních hodnot jakosti ze všech provedených analýz (n = 11379) vzorků pitné vody

	LH*	NMH; MH*	NMH*
počet	1 856	1 340	204
%	16,3	11,8	1,8
n	11 379		

LH = limitní hodnota; MH = mezní hodnota; NMH = nejvyšší mezní hodnota

* Výpočet byl proveden dle metodiky Ministerstva zemědělství.

4.2 VYBRANÉ MIKROBIOLOGICKÉ, ORGANOLEPTICKÉ, CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ UKAZATELE KVALITY PITNÉ VODY

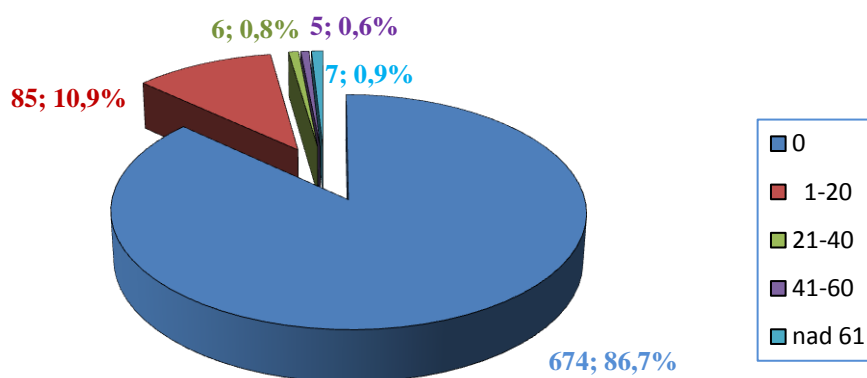
Nezávadnost pitné vody dnes definujeme pomocí souboru mikrobiologických, organoleptických, chemických a fyzikálních ukazatelů, které se vzájemně doplňují a jejich podceňování není správné (PITTER, 1990).

4.2.1 MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE

Escherichia coli jako indikátor fekálního znečištění přežije v pitné vodě 4 až 12 týdnů v závislosti na okolních podmínkách (teplota, mikroflora atd.) (EDBERG ET AL., 2000).

Limitu daného vyhláškou, tj. *Escherichia coli* = 0 KTJ/100 ml, překročilo v letech 2010-2012 v souvislosti s nejvyšší mezní hodnotou 13,3 % (103) vzorků z celkového souboru 777 vzorků (Graf č. 7). Nadlimitní hodnoty s nejvyšší četností tvořily vzorky v od 1 až 20 KTJ/100 ml, což představuje 10,9 % (85 vzorků) (Graf č. 3).

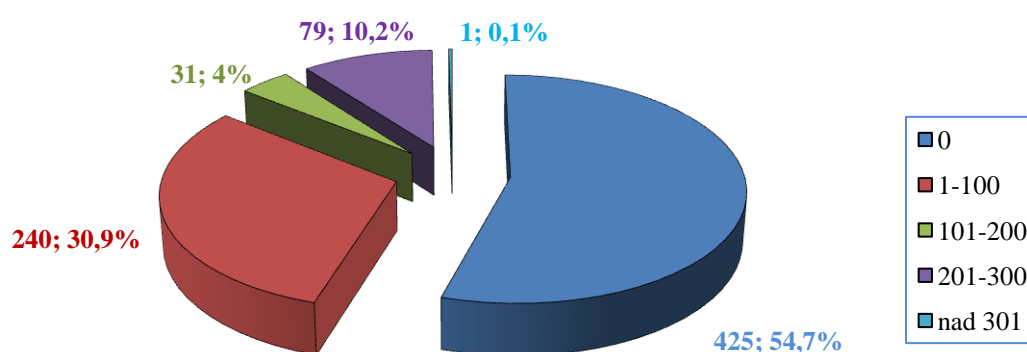
Graf č. 3: Rozdělení četností pro ukazatel *Escherichia coli* [KTJ/100 ml]



Koliformní bakterie indikují více všeobecné (organické), než fekální znečištění (BAUDIŠOVÁ a MLEJNKOVÁ, 2009).

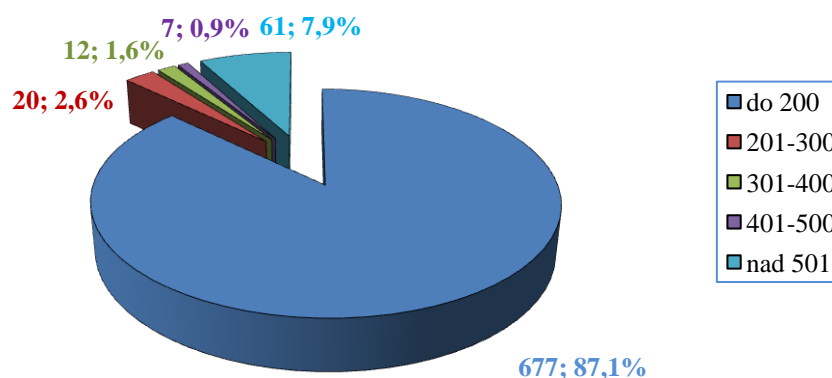
Výsledky rozborů ukazují, že limitu pro ukazatel koliformní bakterie, daného vyhláškou, tj. koliformní bakterie = 0 KTJ/100 ml; MH, vyhovělo 425 údajů, tj. 54,7 % a tento limit byl překročen u 352 vzorků z celého souboru 777 údajů, což činí 45,3 % (Graf č. 4 a č. 7) Nadlimitní hodnoty s nejvyšší četností tvořily vzorky v rozmezí od 1 do 100 KTJ/100 ml, což představuje 30,9 % (240) vzorků.

Graf č. 4: Rozdělení četností pro ukazatel koliformní bakterie [KTJ/100 ml]



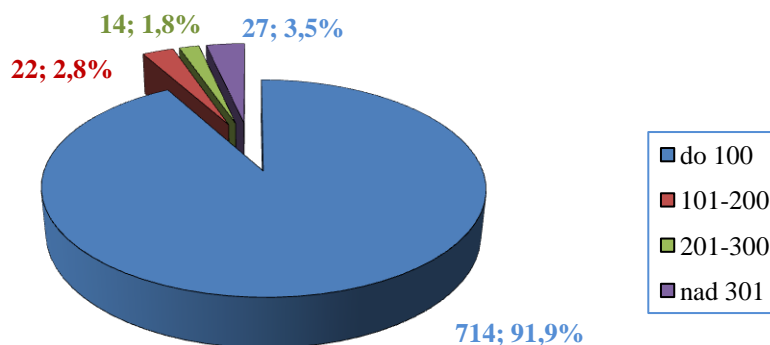
Limitní hodnota ukazatele **počty kolonií při 22 °C** činí dle vyhlášky 200 KTJ/1 ml; MH. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 677 resp. 87,1 % vzorků. Nadlimitních hodnot dosáhlo 100 vzorků, resp. 12,9 % (Graf č. 5 a č. 7), což je cca 5,4 krát více, než publikuje KOŽÍŠEK (2012) ve Zprávě o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2011.

Graf č. 5: Rozdělení četností pro ukazatel počty kolonií při 22 °C [KTJ/1 ml]



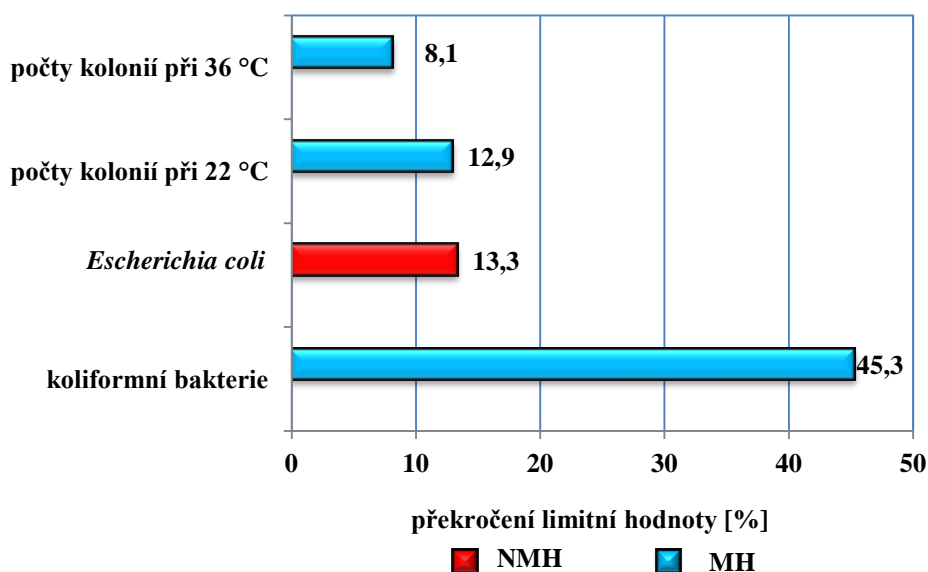
Mezní limitní hodnota ukazatele **počty kolonií při 36 °C** činí dle vyhlášky 100 KTJ/1 ml. Ze sledovaného souboru 777 vzorků bylo 8,1 % (63) vzorků limitně nevyhovujících (Graf č. 7) a dle *KOŽÍŠKA (2012)* je to o 2,3 % více v porovnání s nadlimitními hodnotami zjištěnými v roce 2011 v České republice. 91,9 %, resp. 714 vzorků limit splnilo (Graf č. 6).

Graf č. 6: Rozdělení četností pro ukazatel počty kolonií při 36 °C [KTJ/1 ml]



Pro souhrnnou informaci byly zjištěné údaje mikrobiologických ukazatelů, resp. překročení MH (mezní hodnoty) a NMH (nejvyšší mezní hodnoty), dány do grafu (Graf č. 7).

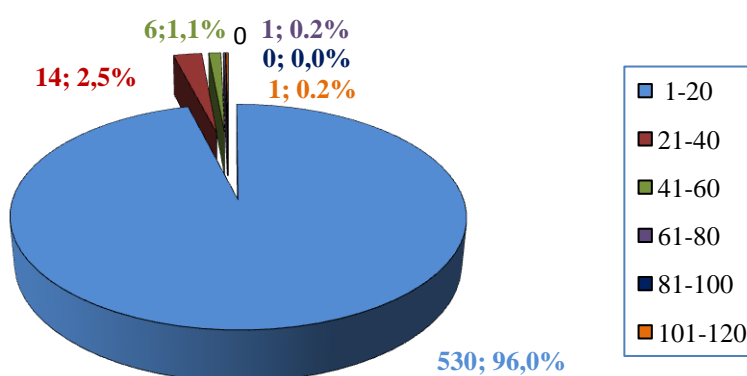
Graf č. 7: Procentuální překročení MH (mezní hodnoty) a NMH (nejvyšší mezní hodnoty) u mikrobiologických ukazatelů jakosti pitné vody. Roky 2010 – 2012



4.2.2 ORGANOLEPTICKÉ UKAZATELE

Výsledky rozborů ukazují, že limitu pro ukazatel **barva**, stanoveného Vyhláškou č. 252/2004 Sb., tj. barva ≤ 20 mg/l Pt; MH, vyhovělo 530 údajů, tj. 96,0 % a tento limit byl překročen ve 22 případech, což činí 4,0 % (Graf č. 8 a č. 20). Podle *HORÁKOVÉ ET AL. (1986)* zvyšující se hodnoty mohou být způsobeny přítomnými barvotvornými organickými látkami, např. huminovými (z rozkladu listů, rostlin a půdní organické hmoty), které zbarvují vody žlutě nebo žlutohnědě, dále sloučeninami kovů (např. železa, manganu a mědi), barevnými částicemi planktonu či rozpuštěných látek, vzácně průmyslovými chemikáliemi. Obecně platí, že voda by měla být bezbarvá.

Graf č. 8: Rozdělení četností pro ukazatel barva [mg/l Pt]

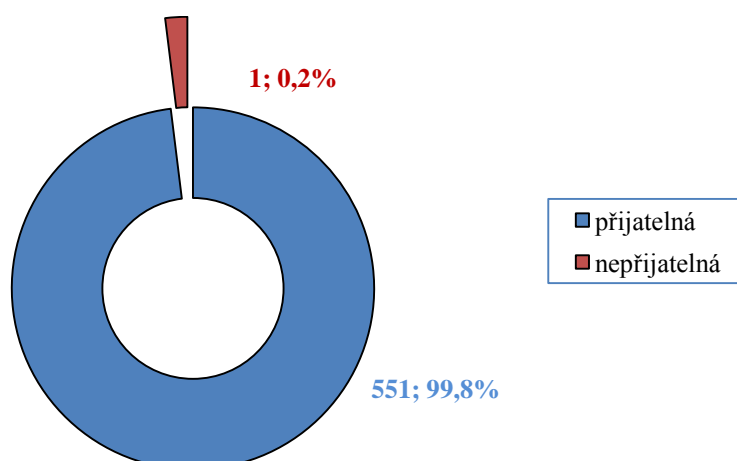


Výsledky rozborů ukazují, že limitu pro ukazatel **chuť**, daného Vyhláškou č. 252/2004 Sb., tj. chuť = přijatelná pro odběratele; MH, vyhovělo 551 údajů (99,8 %) a tento limit byl nedosažen pouze u 1 vzorku z celého souboru 552 údajů, což činí 0,2 % (Graf č. 9 a č. 20).

Podle *PITTERA (1990)* látky způsobující pach vody obvykle ovlivňují i její chuť. To publikuje i *HORÁKOVÁ ET AL. (1986)*, která ještě zmiňuje, že jako jeden z ukazatelů smyslově postižitelných vlastností vody (spolu s pachem), je důležitý pro spotřebitele nejen z estetických důvodů, ale i jako možné první varování spojené s přítomností toxických látek.

To, že pach i chuť spolu souvisí, bylo potvrzeno v testovaných vzorcích, kdy ten samý vzorek, který nevyhověl limitu pachu, nevyhověl ani limitu chuti.

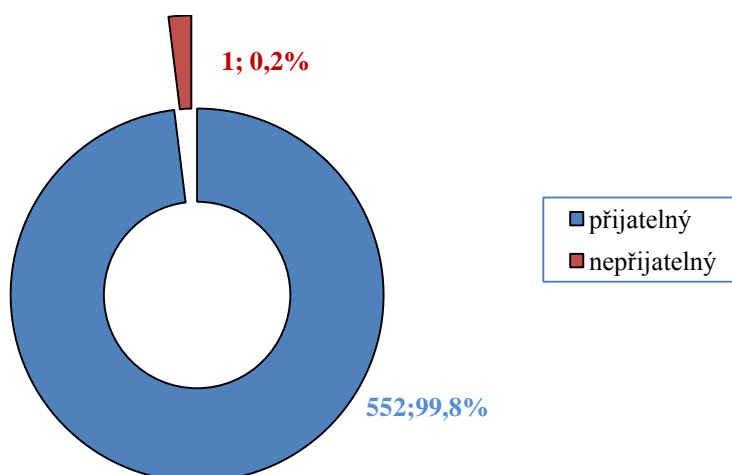
Graf č. 9: Rozdělení četností pro ukazatel chut'



Podle *PITTERA (1990)* je zajímavé, že i když je voda páchnoucí, neznamená to, že je zdravotně závadná. Ovšem pach vodu pro pitné účely znehodnocuje, působí odpudivě, a proto nesmí být přítomný ani při zahřátí vody.

Z Grafů č. 10 a č. 20 můžeme vyčíst, že 1 vzorek, tj. 0,2 % z celkového souboru 553 vzorků, nevyhověl limitu daného Vyhláškou č. 252/2004 Sb., tj. **pach** = přijatelný pro odběratele; MH. Dále pak 99,8 %, tj. 552 vzorků pitné vody vyhovělo stanovenému limitu.

Graf č. 10: Rozdělení četností pro ukazatel pach

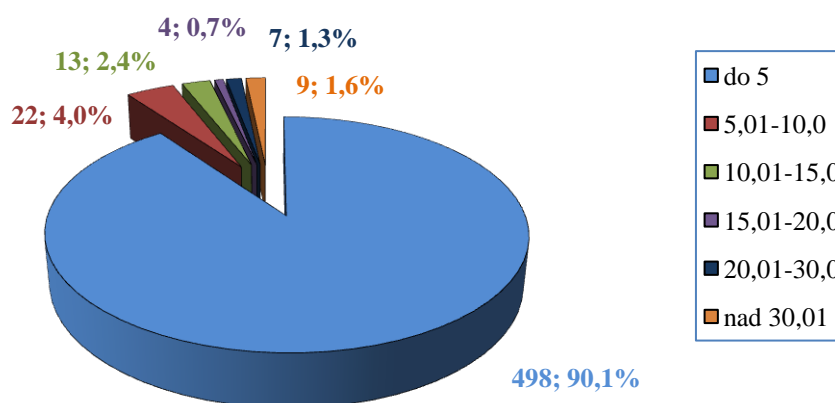


Zákal způsobují nerozpuštěné látky (jílové minerály, vyloučené železo, mangan, bakterie apod.) (PITTER, 1990).

Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanoví limitní hranici pro **zákal** ≤ 5 ZF(t,n); MH. Tuto hranici splnilo 498 vzorků, což je 90,1 % z celkového počtu 553 hodnocených vzorků. Hranici nevyhovělo 55 vzorků, což představuje 9,9 % (Graf č. 11 a č. 20). Dle interního zdroje společnosti AGRO-LA, spol. s r. o., zakalená voda nemá „jiskru“ a zvyšující se hodnoty ve sledovaném souboru mohou mít výrazný negativní vliv na mikrobiologické ukazatele.

Podzemní vody jsou zakaleny jen zřídka oproti povrchovým. Ty mohou být zakaleny splachem půdních vrstev, planktonem nebo zvířecími dnovými sedimenty, jak uvádí PITTER (1990).

Graf č. 11: Rozdělení četností pro ukazatel zákal [ZFn]

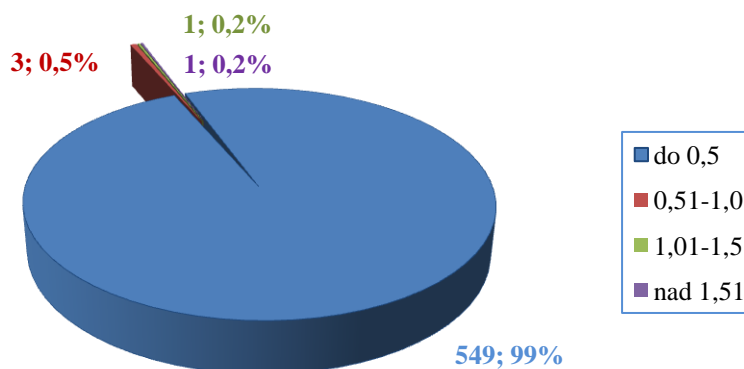


4.2.3 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ UKAZATELE

Limitní hodnota koncentrace **amonných iontů** by se měla pohybovat do 0,5 mg/l; MH. Tuto hranici překročilo 5 vzorků, tj. 0,9 % z celkového počtu 554 vzorků (graf č. 12 a č. 20). Ostatních 549 vzorků tuto hranici nepřekročilo a vyhovělo tak danému limitu.

Dle interního zdroje společnosti AGRO-LA, spol. s r. o., může nadlimitní hodnota amonných iontů společně s dusitany a s $CHSK_{Mn}$ (chemickou spotřebou kyslíku - manganistanem) signalizovat čerstvé fekální znečištění. Někdy je přítomnost amonných iontů důsledkem řady redukčních dějů (katalyzovaných např. přítomností mědi), kdy amonné ionty vznikají z původních dusičnanů.

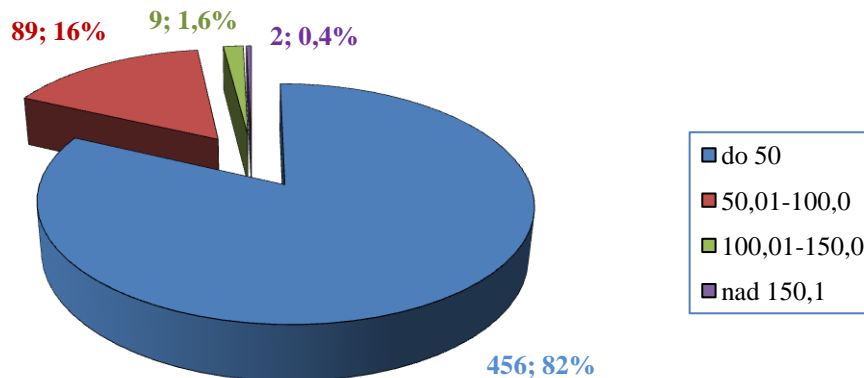
Graf č. 12: Rozdělení četností pro ukazatel amonné ionty [mg/l]



Dusičnany jsou v malém množství takřka všudypřítomné na Zemi, jelikož jsou součástí tzv. dusíkového cyklu, ale vlivem hnojení ledkovými hnojivy, únikem odpadních vod ze žump a septiků, statkových hnojiv atd. se staly vážnou hrozbou všech studní a vrtů (AGRO-LA, spol. s r. o., 2012). Jejich zdravotní riziko spočívá v tom, že se v zažívacím traktu redukují na toxické dusitany. Ty v žaludku reagují se sekundárními aminy za vzniku tzv. N-nitroso sloučenin, které mají pravděpodobně karcinogenní účinky (KOŽÍŠEK, 2003). Dále reagují v krvi s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který nemá schopnost v krvi přenášet kyslík a dochází tak k alimentární methemoglobinémii (nebezpečné onemocnění ohrožující zejména kojence) (DINESCU, 2008).

Ze sledovaných oblastí bylo získáno 556 vzorků. Překročení NMH (50 mg/l) bylo zjištěno ve 100 vzorcích, což činí 18 % (Graf č. 20). Ve 456 (82 %) vzorcích se nalezená hodnota koncentrace pohybovala v rozmezí do 50 mg/l včetně, tj. dosáhla NMH tohoto ukazatele. V rozmezí 50,01 – 100,0 mg/l se pohybovalo 89, resp. 16 % vzorků (Graf č. 13). Např. celorepublikové překročení NMH v roce 2011 činilo dle KOŽÍŠKA (2012) 3 %, což je 6 krát méně, než ve sledovaném souboru.

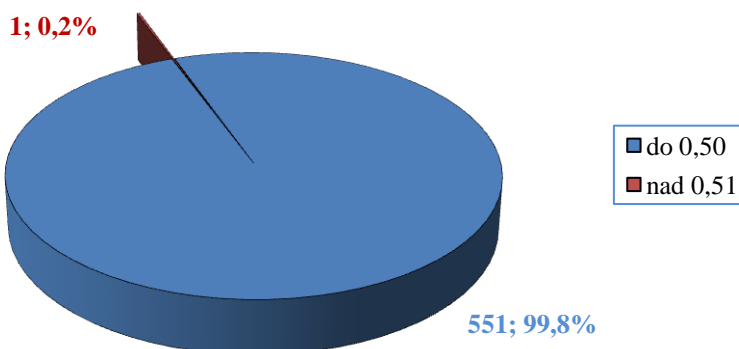
Graf č. 13: Rozdělení četností pro ukazatel dusičnany [mg/l]



Dusitany se obvykle vyskytují ve vodě, kde je nedostatek kyslíku jako produkt redukce dusičnanů. Tato chemická reakce může být významně urychlena přítomností zinku, mědi, železa (z těchto kovů může být vyrobeno rozvodné potrubí) (PITTER, 1990). Mají stejná zdravotní rizika jako dusičnany (viz dusičnany) (KOŽÍŠEK, 2003).

Limitní hodnota koncentrace dusitanů dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb. činí 0,50 mg/l; NMH. V našem sledovaném souboru splnilo tento parametr 551 vzorků, což je 99,8 % vzorků z 552 analyzovaných. Nadlimitní hodnoty dosáhl 1 vzorek, resp. 0,2 % (Graf č. 14 a č. 20).

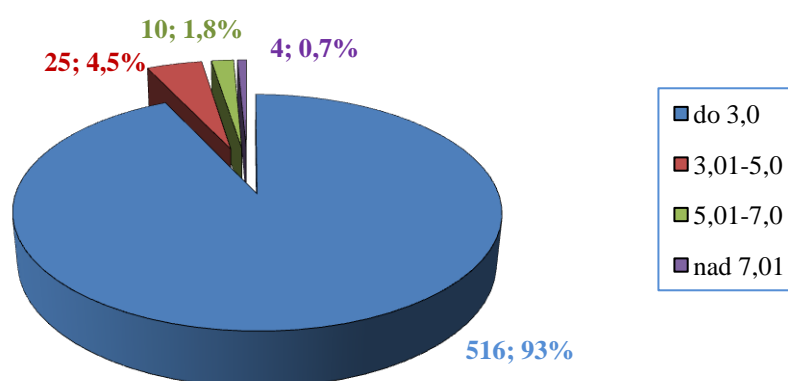
Graf č. 14: Rozdělení četností pro ukazatel dusitany [mg/l]



Chemická spotřeba kyslíku - manganistanem (CHSK_{Mn}) je definována jako množství kyslíku, které se za určitých podmínek spotřebuje na oxidaci ve vodě přítomných organických látek. Oxidačním činidlem může být buď manganistan draselný nebo dichroman draselný (GRÜNWALD, 1993).

Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanoví limitní hranici pro $\text{CHSK}_{\text{Mn}} \leq 3 \text{ mg/l}$; MH. Tento limit splnilo 516 vzorků, což je 93 % z celkového počtu 555 hodnocených vzorků. Hranici nevyhovělo 39 vzorků, což představuje 7 % (Graf č. 14 a č. 20). Nevyhovující kvalita vzorků, podle interního zdroje společnosti AGRO-LA, spol. s r. o., může být způsobena organickým znečištěním buď přírodního (výluhy z organicky bohatých zemín, z lesa, rašelinišť nebo rozkladem rostlinného či živočišného těla přímo ve studni) nebo umělého původu (pesticidy, hnojiva).

Graf č. 15: Rozdělení četností pro ukazatel CHSK_{Mn} [mg/l]



Chloridy patří k jedné z hlavních makrosložek vody s obvyklým přirozeným obsahem až desítek mg/l a s podobným významem jako amonné ionty (viz amonné ionty). Vyšší koncentrace nepříznivě ovlivňují chuť, korozivní schopnost vody a pojí se s vyšším obsahem sodíku (solení silnic) (PITTER ET AL., 1983).

MH chloridů dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb. činí 100 mg/l. Ve sledovaném souboru bylo z celkového počtu 548 vzorků nevyhovujících limitu 3,5 %, což představuje 19 vzorků (Graf č. 20) a dle KOŽÍŠKA (2012) je to o 2,2 % více v porovnání s nadlimitními hodnotami zjištěnými v roce 2011 v České republice.

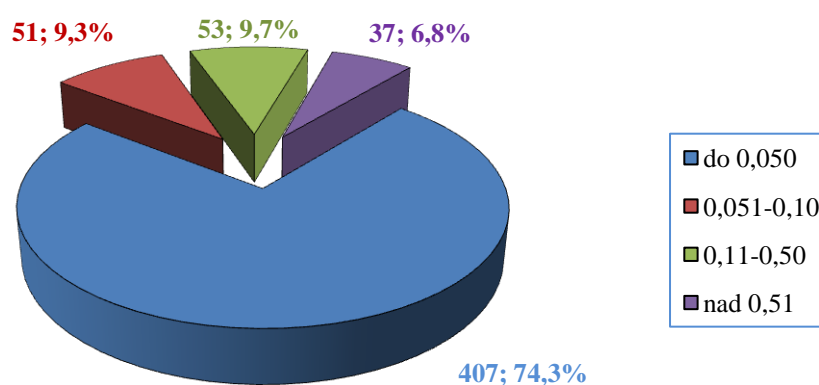
Ukazatel **konduktivita** (měrná elektrická vodivost) je kritérium, kterým se posuzuje koncentrace elektrolytů obsažených ve vodě, vyjadřuje tedy nepřímo obsah minerálních látek, které se ve vodě nacházejí a slouží ke kontrole výsledků chemického rozboru vody. Závisí na koncentraci a pohyblivosti iontů a na teplotě vody (PITTER, 1990).

Mezní hodnota konduktivity dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb. činí 125 mS/m. Ve sledovaném souboru bylo z celkového počtu 551 vzorků nevyhovujících limitu pouze 0,4 %, což představují 2 vzorky (Graf č. 20). Podle *PITTERA (1990)* mají obvykle podzemní a povrchové vody konduktivitu 5-50 mS/m. Podle výsledků četnosti se hodnoty ve sledovaném souboru tomuto optimu rovnají z 89,7 %.

Mangan, resp. jeho vyšší koncentrace (od 0,1 mg/l) významně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody a nerozpuštěné vyšší oxidované formy manganu mohou hnědě zbarvovat materiály přicházející s takovou vodou do styku. A také pokud se přemnoží manganové bakterie (bakterie oxidující dvojmocné formy manganu na čtyřmocné a vyšší formy) může dojít k zarůstání vodovodního potrubí jejich biomasou a nepříznivě ovlivňovat chuť a pach vody (*PITTER, 1990*).

Z grafu č. 16 vidíme, že z celkového počtu 548 vzorků vyhovělo vyhláškou povolenému limitu v pitné vodě, obsah manganu $\leq 0,050$ mg/l; MH., 407 vzorků, tj. 74,3 %. Zbýlých 141 vzorků, což představuje 25,7 %, tuto hranici překročilo (Graf č. 20). V rozmezí od 0,051 do 0,10 mg/l se pohybovalo 51 vzorků (9,3 %), rozmezí od 0,11 do 0,50 mg/l bylo zjištěno u 53 vzorků (9,7 %) a 37 vzorků (6,8 %) přesáhlo hranici 0,051 mg/l (Graf č. 16).

Graf č. 16: Rozdělení četností pro ukazatel mangan [mg/l]

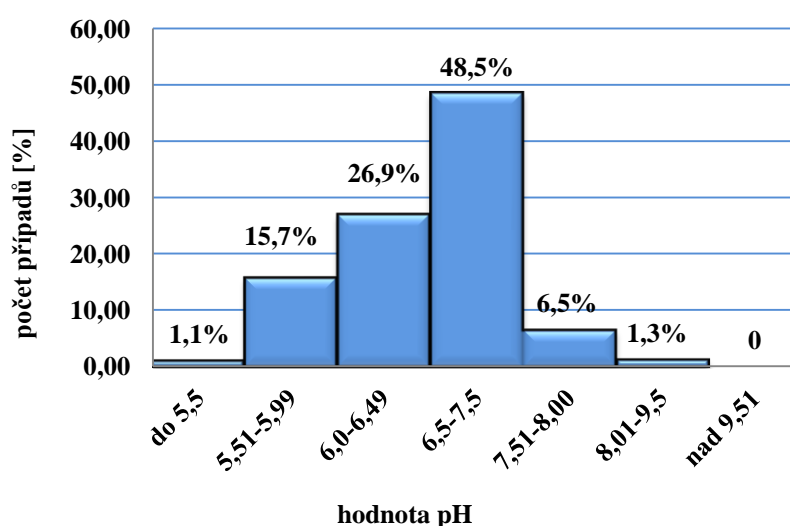


Hodnota **pH** číselně vyjadřuje kyselost nebo zásaditost vody (stupnice 0-14). Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanoví MH pro pH: 6,5-9,5. Ovšem optimální hodnota je 6,0-8,0. Vyšší hodnota pH snižuje účinnost dezinfekce a může dát vodě nepříjemnou

chuť. Neobvykle vysoké hodnoty pH (až 12) může mít voda v nové šachtové studni, kde jsou nové betonové skruže nebo jiný cementový materiál nebo tam mohou být obsaženy produkty rozkladu organických látek působením bakterií. Nižší hodnota pH bývá charakteristická pro měkkou, málo mineralizovanou vodu a je spojená s agresivitou vody a korozi kovů (PITTER, 1990). GERGEL ET AL. (1994) doplňuje, že náhlé zvýšení kyselosti může být vyvoláno významným únikem silážních šťáv.

V případě našeho sledovaného souboru byly nejpočetněji zastoupeny, v počtu 268 (48,5 %) vzorky vody s hodnotou pH 6,5-7,5 (Graf č. 17). Vzorky s optimálním pH (6,0-8,0) byly zjištěny u 453, resp. 81,9 % případů. Hodnoty dle vyhlášky byly splněny u 311 vzorků, tj. 56,2 % a limit nebyl dodržen u 242 vzorků, resp. 43,8 % (Graf č. 20).

Graf č. 17: Rozdělení četností pro ukazatel pH



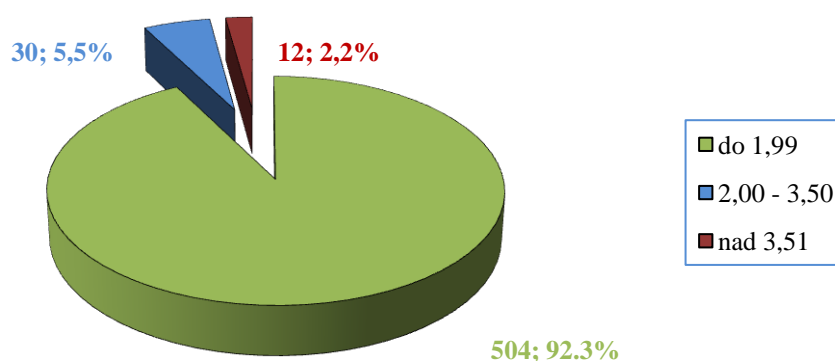
Sírany vyskytující se v povrchových a prostých podzemních vodách nemají podle PITTERA (1990) hygienický význam. Při velké koncentraci však mohou ovlivňovat chuť vody (AGRO-LA, spol. s r. o., 2012).

V našem sledovaném souboru bylo z celkového počtu 548 případů 99,8 % vzorků vyhovujících vyhlášce, resp. limitnímu množství, které činí pro tento ukazatel ≤ 250 mg/l; MH a 1 vzorek (0,2 %) překračoval MH (Graf č. 20).

Ve spojitosti s **vápníkem a hořčíkem** (Ca + Mg) se dříve hovořilo jako o „tvrdosti“ vody (PITTER, 1990). KREDBA ET AL. (1948) zmiňuje, že tím, že voda obsahuje hydrogenuhlíčitany (přechodnou nebo uhličitanovou tvrdost), dojde při zahřívání k odstranění CO₂ a změně hydrogenuhlíčitanu na uhličitan (vápenatý), který se vysráží ve formě vodního kamene na stěnách varných nádob, trubek a bojlerů. KOŽÍŠEK (2003) uvádí, že vysoký obsah zejména vápníku v tvrdé vodě způsobuje tvorbu inkrustací v potrubích a na materiálech přicházejících do styku s vodou. V tvrdé vodě se špatně rozpouští mýdlo. Naopak měkká voda bývá agresivní a způsobuje korozi.

Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanoví DH (doporučená hodnota, blíže v kapitole 2.2) pro koncentraci Ca + Mg: 2-3,5 mmol/l. Voda s optimální tvrdostí (2-3,5 mmol/l) byla zjištěna u 30 vzorků, tj. 5,5 %, měkká voda < 2 mmol/l u 504 vzorků, což činí 92,3 % a tvrdší voda se vyskytovala u 2,2 % vzorků (Graf č. 18). V České republice se vyskytuje převážně měkká voda, alespoň to vyplývá ze „Zprávy o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2011“ (KOŽÍŠEK, 2012).

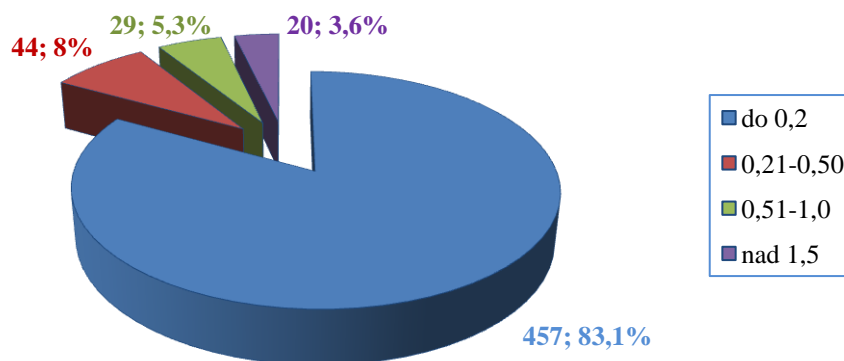
Graf č. 18: Rozdělení četností pro ukazatel Ca + Mg [mmol/l]



Z grafu č. 19 vidíme, že z celkového počtu 550 vzorků vyhovělo vyhláškou povolenému limitu v pitné vodě, což činí pro ukazatel obsah **železa** $\leq 0,2$ mg/l; MH., 457 vzorků, tj. 83,1 %. Zbýlých 16,9 %, což představuje 93 vzorků, tuto hranici překročilo (Graf č. 20). Vyšší koncentrace železa mohou negativně ovlivnit organoleptické vlastnosti vody (hořká a svíravá chuť, žlutavá barva, rezavý sediment), barvit prádlo nebo vyvolávat zákal a usazeniny v potrubí (PITTER ET AL., 1983). Autor také zmiňuje, že hodnoty do 0,5 mg/l, což v našem sledovaném souboru činí 91,1 %, jsou

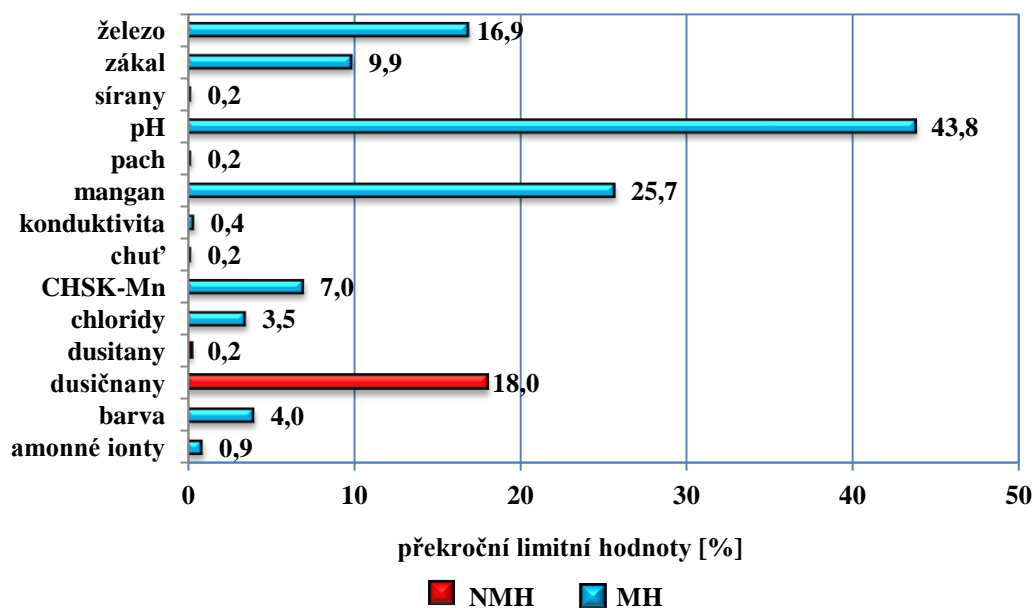
způsobeny vlivem geologického prostředí, mohou být považovány za vyhovující, pokud ale nijak neovlivňují organoleptické vlastnosti (pach, chuť, barva).

Graf č. 19: Rozdělení četností pro ukazatel železo [mg/l]



Pro souhrnnou informaci byly zjištěné údaje fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů, resp. překročení MH a NMH převedeny do souhrnného grafu (Graf č. 15).

Graf č. 20: Procentuální překročení MH (mezí hodnoty) a NMH (nejvyšší mezí hodnoty) u fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody. Roky 2010 – 2012



4.3 VLIV SLEDOVANÝCH FAKTORŮ NA VYBRANÉ MIKROBIOLOGICKÉ UKAZATELE KVALITY PITNÉ VODY

V následující části je uveden vliv sledovaných faktorů (okres, rok, původ, odběratel, určení) na vybrané mikrobiologické ukazatele kvality pitné vody (*Escherichia coli*, koliformní bakterie, počty kolonií při 22 °C a počty kolonií při 36 °C).

4.3.1 *Escherichia coli*

Detekce kvality a kvantity fekálního znečištění pitné vody má podle PEČKOVÉ (2004) zásadní význam především ve vztahu k posouzení míry zdravotních rizik pitné vody. *Escherichia coli* je nejdůležitějším bakteriálním indikátorem fekální kontaminace. Pokud je nejvyšší mezní hodnota (0 KTJ/100 ml) překročena, jak uvádí KOŽÍŠEK ET AL.(2012), je vyloučeno použití vody jako pitné, pokud orgán ochrany veřejného zdraví neurčí jinak.

Z údajů tabulky č. 6 a grafu č. 21 vyplývá, že byl potvrzen vliv **původu** vzorků ($p < 0,05$), kde nejnižších průměrných hodnot *Escherichia coli* dosahují vzorky pitné vody pocházející z vodojemů (0 KTJ/100 ml). Do vodojemu je voda vytlačována přímo z úpravny vod, a pokud je tedy systém úpravy vody a její kontroly nastaven správně, riziko fekální kontaminace je minimální. Nejvyšší průměry byly zjištěny u vzorků pocházejících ze studen (8 KTJ/100 ml). Špatnou kvalitu vody ve studních potvrzuje i KOŽÍŠEK (2011) a tuto skutečnost přičítá také tomu, že majitelé soukromých studen nejsou povinni ze zákona provádět odběry vzorků pitné vody a tudíž nemohou reagovat na aktuální situaci kvality vody ve studně. Statisticky významný rozdíl byl v této diplomové práci zjištěn v celkových průměrných hodnotách *Escherichia coli* u vzorků pocházejících ze studny (8 KTJ/100 ml) a vodovodu (2 KTJ/100 ml). U vzorků odebraných z vrtu (2 KTJ/100 ml), vodojemu (0 KTJ/100 ml) a studánky (2 KTJ/100 ml) jsou rozdíly méně patrné (Graf č. 21).

Statistická významnost nebyla potvrzena u vlivu **okresu**. Nejvyšší průměrné hodnoty byly zjištěny v okrese Pelhřimov (4 KTJ/100 ml) a v okrese Jindřichův Hradec (3 KTJ/100 ml). Jsou to oblasti zemědělsky zatížené, a jak publikuje LIŠKA ET AL. (2012) může v těchto lokalitách vzniknout riziko plošného znečištění související s povrchovým a podpovrchovým odtokem vody ze zemědělsky využívaných ploch, které zvýší nebezpečí fekální kontaminace. Nejnižší průměrné

hodnoty ukazatele *Escherichia coli*, byly dosaženy v okrese České Budějovice (1 KTJ/100 ml).

Sledované roky z pohledu ovlivnění množství *E. coli* nebyly významné. Nejnižší průměrné hodnoty byly vykazovány v roce 2011 (2 KTJ/100 ml) a nejvyšší průměr byl zjištěn v roce 2012 (4 KTJ/100 ml).

Nevýznamný se jeví také faktor odběratel, kde zjištěné průměrné hodnoty *E. coli* ve sledovaných vzorcích jsou přibližně stejné jak u podnikatelů (2 KTJ/ 100 ml), tak i soukromých osob (3 KTJ/ 100 ml).

Stejných průměrných hodnot sledovaného ukazatele dosahují vzorky odebírané na veřejných místech (2 KTJ/ 100 ml), v domácnostech (2 KTJ/ 100 ml) i v kravínech (2 KTJ/ 100 ml). Vliv místa odběru nebyl statisticky prokázán.

Tabulka č. 6: Vliv okresu, roku, původu, odběratele a místa určení na *Escherichia coli* [KTJ/100 ml]

okres	okres České Budějovice	okres Jindřichův Hradec	okres Pelhřimov	p
n	106	568	103	
průměr	1	3	4	0,4073

rok	2010	2011	2012	p
n	293	288	196	
průměr	3	2	4	0,4666

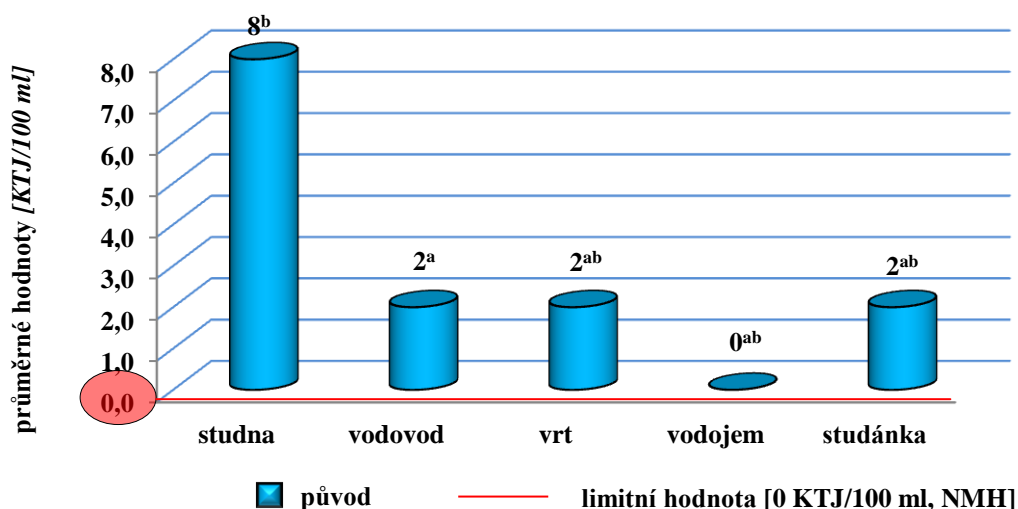
původ	studna	vodovod	vrt	vodojem	studánka	p
n	100	595	47	32	3	
průměr	8 ^b	2 ^a	2 ^{ab}	0 ^{ab}	2 ^{ab}	0,0106

odběratel	podnikatel	soukromá osoba	p
n	515	262	
průměr	2	3	0,4449

určení	veřejné místo	domácnost	kravín	p
n	246	167	172	
průměr	2	2	2	0,9830

n = počet údajů; ^{a,b} = statistická významnost (p < 0,05)

Graf č. 21: Vliv původu (studna, vodovod, vrt, vodojem, studánka) na *Escherichia coli* [KTJ/100 ml]



4.3.2 Koliformní bakterie

Koliformní bakterie jsou považovány víceméně za indikátor účinnosti úpravy vody a dezinfekce, sekundární kontaminace či vysokého obsahu živin v upravené vodě (KOŽÍŠEK ET AL., 2006). Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanovuje mezní hodnotu koliformních bakterií v pitné vodě 0 KTJ/100 ml, ovšem její překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko.

Z údajů tabulky č. 7 a grafu č. 22 vyplývá, že byl potvrzen velmi významný vliv **původu** vzorků ($p < 0,001$) na počet koliformních bakterií. Nejnižších průměrných hodnot dosahovaly vzorky pitné vody pocházející z vodojemů (9 KTJ/100 ml), nejvyšších průměrných hodnot dosahovaly vzorky pocházející ze studánky (104 KTJ/100 ml). Studánka (chemicky neošetřená voda) se nacházela na rozhraní lesa a polí, čili v oblasti, kde jsou organogenní půdy, což mohlo být možnou příčinou tak vysokého nárůstu koliformních bakterií. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn v celkových průměrných hodnotách koliformních bakterií u vzorků pocházejících ze studny (87 KTJ/100 ml) oproti vodovodu (24 KTJ/100 ml), vrtu (41 KTJ/100 ml) i vodojemu (9 KTJ/100 ml). U vzorků odebraných ze studánky byla odlišnost vůči ostatním odběrovým místům (studna, vodovod, vrt, vodojem) méně patrná (Graf č. 22).

Statistická významnost nebyla potvrzena u vlivu **okresu**. Nejvyšší průměrné hodnoty byly zjištěny v okrese České Budějovice (42 KTJ/100 ml), dále pak na

Pelhřimovsku (39 KTJ/100 ml) a nejlépe si vedl okres Jindřichův Hradec s průměrnými hodnotami koliformních bakterií 30 KTJ/100 ml.

Rovněž u sledovaných **roků** nebyla potvrzena statistická významnost. Z tabulky je vidět nepatrný nárůst průměrných hodnot koliformních bakterií v jednotlivých letech 2010, 2011 a 2012.

Minimální, statisticky nevýznamné rozdíly byly zjištěny u faktoru **odběratel**. U vzorků pocházejících z pitných vod od soukromých osob dosáhly průměrné hodnoty ukazatele koliformní bakterie 36 KTJ/100 ml a u podnikatelů to bylo 31 KTJ/100 ml.

Zjištěné průměrné hodnoty koliformních bakterií u faktoru místa **určení** se na veřejných místech (21 KTJ/100 ml) a v domácnostech (23 KTJ/100 ml) pohybují zhruba ve stejné rovině, v kravínech byly průměrné hodnoty o něco vyšší (31 KTJ/100 ml). Ukazatel koliformní bakterie z pohledu místa určení byl statisticky nevýznamný.

Tabulka č. 7: Vliv okresu, roku, původu, odběratele a místa určení na koliformní bakterie [KTJ/100 ml]

okres	okres České Budějovice	okres Jindřichův Hradec	okres Pelhřimov	p
n	106	568	103	
průměr	42	30	37	0,2938

rok	2010	2011	2012	p
n	293	288	196	
průměr	32	33	34	0,9626

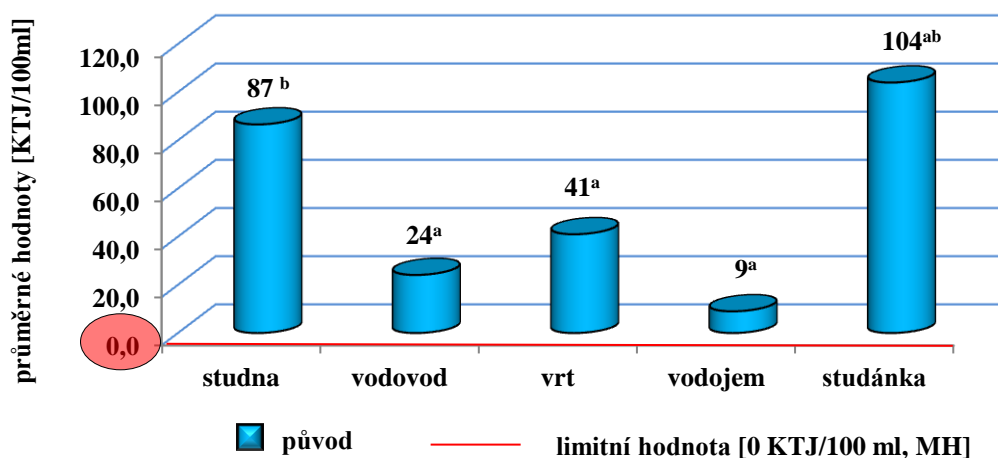
původ	studna	vodovod	vrt	vodojem	studánka	p
n	100	595	47	32	3	
průměr	87 ^b	24 ^a	41 ^a	9 ^a	104 ^{ab}	0,0000

odběratel	podnikatel	soukromá osoba	p
n	515	262	
průměr	31	36	0,3763

určení	veřejné místo	domácnost	kravín	p
n	246	167	172	
průměr	21	23	31	0,2078

n = počet údajů; ^{a,b} = statistická významnost (p < 0,05)

Graf č. 22: Vliv původu (studna, vodovod, vrt, vodojem, studánka) na koliformní bakterie [KTJ/100 ml]



4.3.3 Počty kolonií při 22 °C

Jedná se o všudypřítomné bakterie, s optimem růstu v laboratorních podmínkách při teplotách 22 °C. Jsou hygienicky méně významné, údaje o výskytu pouze informují o mikrobiálním znečištění vody (AMBROŽOVÁ, 2008). Překročení mezní hodnoty (200 KTJ/1 ml) indikuje např. technologické závady ve vodovodní síti, stagnaci vody v potrubí nebo zbytkovou část dezinfekčního prostředku nacházejícího se ve vodě (KOŽÍŠEK ET AL., 2006).

Z údajů tabulky č. 8 vyplývá, že tento ukazatel byl ovlivněn rokem ($p < 0,01$) a původem ($p < 0,001$) a odběratelem ($p < 0,001$).

Statisticky významný rozdíl faktoru **roku**, byl zjištěn mezi roky 2010 oproti rokům 2011 a 2012 (Graf č. 23). Mezi roky 2011 a 2012 jsou rozdíly méně patrné. Ve sledovaných letech docházelo k postupnému snižování průměrných hodnot sledovaného ukazatele. V roce 2010 dosahovaly průměrné hodnoty počtu kolonií při 22 °C 293 KTJ/1 ml, v roce 2011 to bylo 136 KTJ/1 ml a v roce 2012 průměrné hodnoty klesly na 134 KTJ/1 ml. Na toto zjištění může mít vliv povodeň v roce 2010, která vylila z koryt na jihu Čech řeky Lužnici a Nežárku a mohla tak zkontaminovat zdroje pitné vody.

U faktoru **původu** nejnižších průměrných hodnot dosahovaly vzorky pitné vody pocházející z vodojemu (41 KTJ/1 ml), dále pak z vodovodu (113 KTJ/1 ml), ze studánky (121 KTJ/1 ml), z vrtu (525 KTJ/1 ml) a ze studny (579 KTJ/1 ml). Myslím si, že je třeba, aby o vodní dílo bylo náležitě pečováno, u studen by péče,

oproti vrtům, měla být zvýšená. Studny by se měly pravidelně čistit od nánosů bahna a nečistot (vhodné podmínky pro život bakterií) a spolu s vrty i pravidelně dezinfikovat. U sledovaného souboru je vidět, že zvýšené péče se studnám i vrtům nedostává. Statisticky významný vliv faktoru původu byl zjištěn u vzorků pocházejících z vodovodu a z vodojemu oproti vzorkům pocházejících ze studny a vrtu. U vzorků odebíraných ze studánky vůči ostatním faktorům (studna, vodovod, vrt, vodojem) byly rozdíly průměrných hodnot méně patrné (Graf č. 24).

U faktoru **odběratel** byl zjištěn statisticky významný rozdíl v průměrných hodnotách ukazatele počtu kolonií při 22 °C. Ukázalo se, že průměrné hodnoty vzorků odebíraných u podnikatelů (129 KTJ/1 ml) jsou dva a půlkrát nižší, než vzorky odebírané u soukromých osob (325 KTJ/1 ml). Podle mého názoru toto zjištění může být způsobeno i tím, že podnikatelé, jejichž voda je využívána k pitným účelům, mají jisté legislativní povinnosti, a tudíž jsou nuceni více usilovat o kvalitu pitné vody, která jim „vytéká“ z vodovodu.

U sledovaných **okresů** nebyla potvrzena statistická významnost. Z tabulky č. 8 je vidět nepatrný nárůst průměrných hodnot počtu kolonií při 22 °C v okrese Jindřichův Hradec (201 KTJ/1 ml) oproti okresům České Budějovice (184 KTJ/1 ml) a Pelhřimov (173 KTJ/1 ml).

Na veřejných místech, jako faktoru místa **určení**, byly zjištěny nejmenší průměrné hodnoty (67 KTJ/1 ml) ukazatele počtu kolonií při 22 °C. Výrazný nárůst průměrných hodnot byl naměřen v kravínech (135 KTJ/1 ml) a domácnostech, kde byly zjištěné průměry nejvyšší (162 KTJ/1 ml) (Tabulka č. 8), statistická významnost tohoto faktoru však potvrzena nebyla.

Tabulka č. 8: Vliv okresu, roku, původu, odběratele a místa určení na počty kolonií při 22 °C [KTJ/1 ml]

okres	okres České Budějovice	okres Jindřichův Hradec	okres Pelhřimov	p
n	106	568	103	
průměr	184	201	173	0,9208

rok	2010	2011	2012	p
n	293	288	196	
průměr	293 ^b	136 ^a	134 ^a	0,0100

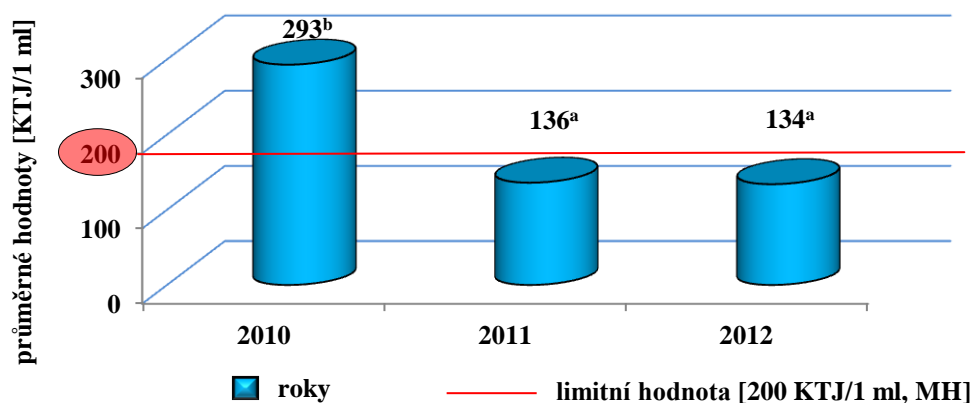
původ	studna	vodovod	vrt	vodojem	studánka	p
n	100	595	47	32	3	
průměr	579 ^b	113 ^a	525 ^b	41 ^a	121 ^{ab}	0,0000

odběratel	podnikatel	soukromá osoba	p
n	515	262	
průměr	129 ^a	325 ^b	0,0003

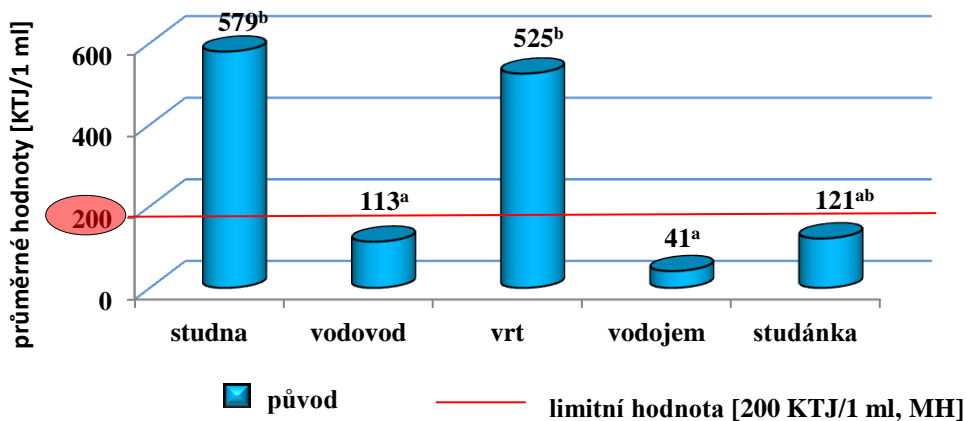
určení	veřejné místo	domácnost	kravín	p
n	246	167	172	
průměr	67	162	135	0,1209

n = počet údajů; ^{a,b} = statistická významnost (p < 0,05)

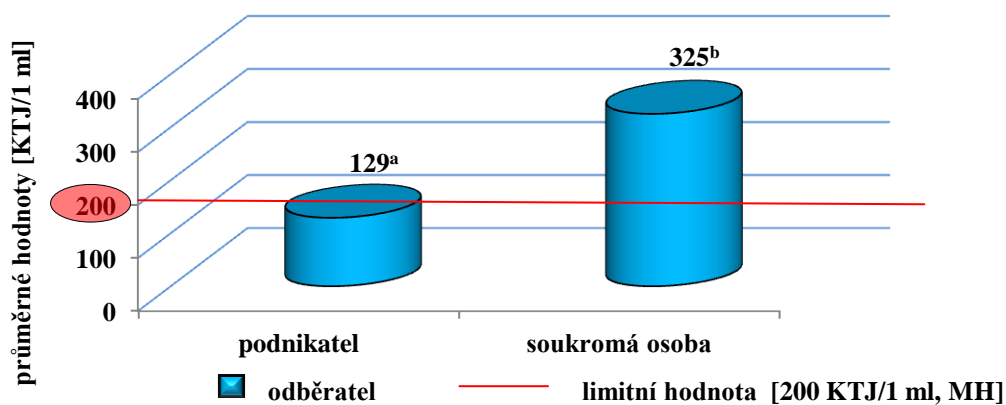
Graf č. 23: Vliv roku (2010, 2011, 2012) na počty kolonií při 22 °C [KTJ/1 ml]



Graf č. 24: Vliv původu (studna, vodovod, vrt, vodojem, studánka) na počty kolonií při 22 °C [KTJ/1 ml]



Graf č. 25: Vliv odběratele (podnikatel, soukromá osoba) na počty kolonií při 22 °C [KTJ/1 ml]



4.3.4 Počty kolonií při 36 °C

Jedná se o mikroorganismy dobře rostoucí v laboratorních podmínkách při teplotě 36 °C. Dnes již nejsou považovány za zdravotně významný ukazatel (HÄUSLER, 1995). Jejich limitní hodnota byla Vyhláškou č. 252/2004 Sb. stanovena jako mezní hodnota 100 KTJ/1 ml, jejíž překročení může být způsobeno obdobnými příčinami, jako překročení u ukazatele počtu kolonií při 22 °C (viz kapitola 4.3.3).

Statisticky velmi významný rozdíl průměrných hodnot počtu kolonií při 36 °C byl zjištěn u faktoru **původu** ($p < 0,001$), zejména u vzorků nabíraných z vodovodu (32 KTJ/1 ml) a z vrtu (239 KTJ/ 1 ml). Liší se také průměrné hodnoty mezi vzorky z vodovodu a ze studny a také z vrtu a z vodojemu. Průměrné hodnoty vzorků získaných ze studánky nevykazují vůči ostatním odběrovým místům statistickou významnost (Tabulka č. 9). Nejvyšší průměrné hodnoty ukazatele počtu kolonií při 36 °C byly naměřeny ve vrtech (239 KTJ/1 ml). Podle KOŽÍŠKA ET AL. (2006) může být jedna z příčin vysokých hodnot např. přítomnost biofilmu či korozních produktů na stěnách potrubí, kvalita použitého materiálu atd. Nejnižší hodnoty sledovaného ukazatele byly zjištěny u vodojemu (7 KTJ/1 ml), což potvrzuje účinnost systému úpravy vody v oblasti (Graf č. 26). AISOPOU ET AL. (2012) dodává, že sledování kvality pitné vody z úpravny vody až ke spotřebitelům má zásadní význam pro zajištění shody s národní legislativou.

Byl potvrzen významný vliv **odběratele** ($p < 0,05$) na počty kolonií při 36 °C. U podnikatelů byly průměrné hodnoty vzorků statisticky nižší (40 KTJ/1 ml), než u vzorků odebíraných u soukromých osob (102 KTJ/1 ml) (Graf č. 27).

Vliv **okresu, roku** a místa **určení** nebyl pro tento ukazatel potvrzen (Tabulka č. 9).

Tabulka č. 9: Vliv okresu, roku, původu, odběratele a místa určení na počty kolonií při 36 °C [KTJ/1 ml]

okres	okres České Budějovice	okres Jindřichův Hradec	okres Pelhřimov	p
n	106	568	103	
průměr	55	62	62	0,9793

rok	2010	2011	2012	p
n	293	288	196	
průměr	64	61	58	0,9738

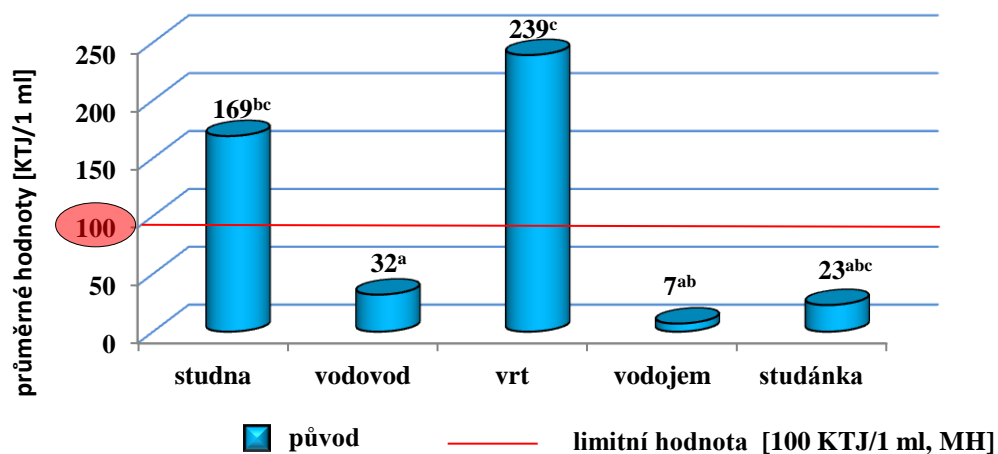
původ	studna	vodovod	vrt	vodojem	studánka	p
n	100	595	47	32	3	
průměr	169 ^{bc}	32 ^a	239 ^c	7 ^{ab}	23 ^{abc}	0,0000

odběratel	podnikatel	soukromá osoba	p
n	515	262	
průměr	40 ^a	102 ^b	0,0158

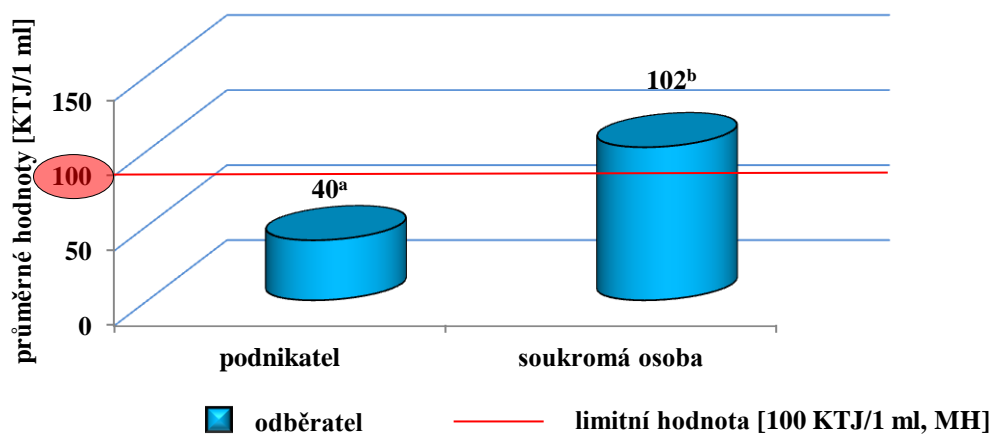
určení	veřejné místo	domácnost	kravín	p
n	246	167	172	
průměr	24	62	17	0,1849

n = počet údajů; ^{a,b,c} = statistická významnost (p < 0,05)

Graf č. 26: Vliv původu (studna, vodovod, vrt, vodojem, studánka) na počty kolonií při 36 °C [KTJ/1 ml]



Graf č. 27: Vliv odběratele (podnikatel, soukromá osoba) na počty kolonií při 36 °C [KTJ/1 ml]



4.4 VZTAHY MEZI VYBRANÝMI UKAZATELI KVALITY PITNÉ VODY

Mikrobiologický nález podává informaci o okamžitém stavu vody, proto sám o sobě nestačí k odpovědnému posouzení zdravotní nezávadnosti zdroje a je vždy dobré ho doplnit chemickým rozborem.

Na základě dostupných informací byly ze sledovaného souboru vybrány významné organoleptické a chemické ukazatele, jejichž zvýšené hodnoty by mohly signalizovat mikrobiologické znečištění vody. Mezi takové ukazatele patří např. chemická spotřeba kyslíku – manganistanem, mangan atd. (KOŽÍŠEK, 2012).

Amonné ionty byly vybrány proto, že jejich indikátorová hodnota signalizuje možnost mikrobiálního znečištění vody. PITTER (1990) se o podobné problematice zmiňuje jako o chemických indikátorech fekálního znečištění a je-li prokázána jejich přítomnost, může to svědčit o vážnějším znečištění nebo znečištění trvalejšího rázu.

Chemická spotřeba kyslíku vyjadřuje pravděpodobnou přítomnost organických látek ve vodě. Obsah železa a manganu ovlivňují organoleptické vlastnosti vody (barvu, chuť, zákal). Zákal může být způsoben nerozpuštěnými látkami (bakterie, vyloučené železo, mangan apod.).

V následující tabulce č. 9 jsou uvedeny korelační závislosti sledovaných mikrobiologických ukazatelů (koliformní bakterie, *Escherichia coli*, počty kolonií při 22 °C a počty kolonií při 36 °C) a vybraných organoleptických a chemických ukazatelů (amonné ionty, chemická spotřeba kyslíku, mangan, zákal, železo).

Z údajů vyplývá, že byla potvrzena statisticky významná závislost mezi koncentrací amonných iontů a počty kolonií při 22 °C ($r_{xy}=0,1554$), dále pak mezi koncentrací amonných iontů a počty kolonií při 36 °C ($r_{xy}=0,1321$). Vztahy mezi obsahem manganu a koliformními bakteriemi ($r_{xy}=0,0962$) a také mezi *Escherichia coli* ($r_{xy}=0,4813$) jsou rovněž statisticky významné. Byla potvrzena statistická významnost mezi chemickou spotřebou kyslíku a koliformními bakteriemi ($r_{xy}=0,1886$), *Escherichia coli* ($r_{xy}=0,4472$), počty kolonií při 22 °C ($r_{xy}=0,0882$) a počty kolonií při 36 °C ($r_{xy}=0,1424$). Statisticky významné závislosti mezi zákalem a obsahem železa nebyly ve sledovaném souboru potvrzeny.

Tabulka č. 9: Vztahy mezi vybranými organoleptickými, fyzikálními, chemickými a mikrobiologickými ukazateli pitné vody

	Koliformní bakterie [KTJ/100 ml]	<i>Escherichia coli</i> [KTJ/100 ml]	Počty kolonií při 22°C [KTJ/1 ml]	Počty kolonií při 36°C [KTJ/1 ml]
Amonné ionty [mg/l]	-0,0091	0,0023	0,1554	0,1321
Chemická spotřeba kyslíku - manganistanem [mg/l]	0,1886	0,4472	0,0882	0,1424
Mangan [mg/l]	0,0962	0,4813	-0,0014	0,0063
Zákal [mg/l]	-0,0174	-0,0068	-0,0104	-0,0048
Železo [mg/l]	-0,007	-0,0085	-0,0192	-0,0006

Korelace jsou významné na hladině $p < 0,0500$; $n=558$

5 ZÁVĚR

Nároky společnosti na kvalitu pitné vody neustále rostou, proto je nezbytné řešit vztahy mezi těmito nároky a faktory, které kvalitu pitné vody ovlivňují.

Mikrobiologické ukazatele jsou jedny z nejcitlivějších signálů znečištění vody. Počty mikroorganismů se zvyšují už i tehdy, kdy základní chemické ukazatele zcela vyhovují povoleným limitům.

Cílem diplomové práce byla analýza vybraných ukazatelů kvality pitné vody a posouzení faktorů, které ji ovlivňují. Sledované mikrobiologické ukazatele kvality pitné vody - *Escherichia coli*, koliformní bakterie, počty kolonií při 22 °C a počty kolonií při 36 °C, byly hodnoceny z hlediska vlivu okresu (České Budějovice, Jindřichův Hradec, Pelhřimov), roku (2010, 2011, 2012), původu (studna, vodovod, vrt, vodojem, studánka), odběratele (podnikatel, soukromá osoba) a místa určení (veřejné místo, domácnost, kravín).

Escherichia coli (významný indikátor fekálního znečištění)

Limitu daného vyhláškou, tj. *Escherichia coli* = 0 KTJ/100 ml, překročilo v letech 2010-2012 v souvislosti s nejvyšší mezní hodnotou 13,3 % (103) vzorků z celkového souboru 777 vzorků. Nejnižší průměrné hodnoty byly zaznamenány u vzorků odebíraných z vodojemů (0 KTJ/100 ml), naopak nejvyšší průměrné hodnoty byly naměřeny ve studnách (8 KTJ/100 ml). Vliv tohoto faktoru, tedy faktoru původu, byl statisticky průkazný ($p < 0,05$).

Koliformní bakterie (indikátor všeobecného znečištění vody)

Výsledky rozborů ukázaly, že ve sledovaných letech nevyhovělo limitu daného vyhláškou, tj. koliformní bakterie = 0 KTJ/100 ml až 45,3 % (352) vzorků z celkového souboru 777 vzorků. Nejnižší průměrné hodnoty byly zjištěny u vzorků odebíraných z vodojemů (9 KTJ/100 ml), nejvyšší průměrné hodnoty byly zjištěny ve studánce (104 KTJ/100 ml). Vliv původu na množství koliformních bakterií byl statisticky velmi významný ($p < 0,001$).

Počty kolonií při 22 °C (hygienicky méně významný ukazatel, údaje o výskytu vypovídají pouze o mikrobiálním znečištění vody)

Limitní hodnota sledovaného ukazatele (200 KTJ/1 ml) daná vyhláškou byla v hodnoceném souboru překročena u 12,9 % (100) vzorků. U vodojemů byly zjištěny

nejnižší průměrné hodnoty sledovaného ukazatele (41 KTJ/1 ml), naopak studny dominovaly s nejvyššími průměrnými hodnotami 579 KTJ/1 ml. Jako statisticky významný se ukázal vliv roku ($p < 0,01$) a vliv původu a odběratele dokonce jako statisticky velmi významný ($p < 0,001$).

Počty kolonií při 36 °C (vyšší hygienický význam)

Mezní limitní hodnota dle vyhlášky činí 100 KTJ/1 ml. Ze sledovaného souboru 777 vzorků bylo 8,1 % (63) vzorků limitně nevyhovujících. Nejnižší průměrné hodnoty byly zaznamenány u vzorků odebíraných z vodojemů (7 KTJ/1 ml), naopak nejvyšší průměrné hodnoty vykazovaly vrty (239 KTJ/1 ml). Vliv odběratele byl vyhodnocen jako statisticky významný ($p < 0,05$) a vliv původu jako statisticky velmi významný ($p < 0,001$).

Na základě zjištěných analýz byla potvrzena statisticky významná závislost mezi obsahem amonných iontů a počty kolonií při 22 °C a 36 °C. Vztahy mezi obsahem manganu a koliformními bakteriemi a *Escherichia coli*, byly rovněž statisticky významné. Byla potvrzena také statistická významnost mezi chemickou spotřebou kyslíku a všemi sledovanými mikrobiologickými ukazateli.

Výsledky mikrobiologické kvality pitné vody ve sledovaných oblastech poukazují na špatnou kvalitu vody ve studnách. Je třeba, aby majitelé soukromých studen nepodceňovali pravidelnou kontrolu kvality vody a více se zaměřili např. na údržbu, opravy a ochranu studní a na dodržování ochranných vzdáleností od zdrojů možného znečištění vody. Mikrobiologická kvalita pitné vody ve výrobních provozech, konkrétně v potravinářských, byla dobrá. Kvalitou pitné vody je třeba se neustále zabývat, protože rizika vyplývající z konzumace nekvalitní pitné vody, mohou mít závažné zdravotní následky.

6 SEZNAM LITERATURY

- 1) AGRO-LA, spol. s r. o.: Informační materiál pro zákazníky střediska laboratoř: *Kvalita vody ve studnách*: AGRO-LA, spol. s r. o., ©2012.
- 2) AISOPOU, A., I. STOIANOV and N. J. D. GRAHAM: In-pipe water quality monitoring in water supply systems under steady and unsteady state flow conditions. *Water research*. 2012, volume 46, issue 1, pages 235-246.
- 3) AMBROŽOVÁ, J.: *Mikrobiologie v technologii vod*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2004. 244 s. ISBN 80-7080-534-X.
- 4) AMBROŽOVÁ ŘÍHOVÁ, J.: *Mikrobiologie v technologii vod*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2008. 252 s. ISBN 978-80-7080-676-0.
- 5) BAUDIŠOVÁ, D.: *Současné metody mikrobiologického rozboru vody*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2007. 104 s. ISBN 978-80-85900-72-9.
- 6) BAUDIŠOVÁ, D. a H. Mlejnková.: Mikrobiální znečištění povrchových vod – mikrobiologické ukazatele. *Vodní hospodářství*. 2009, č. 3, s. 101. ISSN 1211-0760.
- 7) DINESCU, V., ET AL.: Incidența methemoglobinemiilor la copiii 0-1 an în județul olt. *Journal of Hygiene and Public Health*. 2008, volume 58, issue 1, pages 126-131.
- 8) EDBERG, S. C., E. W. RICE, R. J. KARLIN and M. J. ALLEN: *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*. 2000, volume 88, issue 1, pages 106-116.
- 9) FÁDRUS, H.: *Chemie a technologie vody*. Brno: Noel, 2000. 200 s. ISBN 80-86020-13-4.

- 10) FRAIZ, Z., O. DOBŠINSKÝ, L. ITZE., J. KURZA, E. PONÍŽILOVÁ: *Zoohygiena*. Praha: SPN, 1983. 135 s.
- 11) FUKSA, J. K.: *Doporučené techniky odběru vzorků a jejich transport do laboratoří*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1995. 56 s. ISBN 80-85900-04-1.
- 12) FUKSA, J. K.: *Příručka pro vzorkování vody a vodního prostředí*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2003. 94 s.
- 13) GERGEL, J., J. JINDRA a M. SOUKUP.: *Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocování kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí: Metodika 12/1994*. 2. dopl. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1994. 26 s.
- 14) GORDON, L. J., C. M. FINLAYSON and M. FALKENMARK: *Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. Agricultural water management*, 2010, volume 61, issue 4, pages 512-519.
- 15) GÖPFERTO VÁ, D., P. PAZDIORA, J. DÁŇOVÁ: *Epidemiologie infekčních nemocí*. Praha: Karolinum, 2006. 299 s. ISBN 80-246-1232-1.
- 16) GRABOW, W. O. K.: *Microbiology of drinking water treatment: reclaimed wastewater*. In. McFETERS G.A., *Drinking water microbiology*. New York: Springer-Verlag, 1990. s. 185-203. ISBN 0-387-97162-9.
- 17) GRAY, N.: *Drinking water quality, problems and solutions*. England: John Wiley&Sons, 1996. 315 s. ISBN 0-471-94817-9.
- 18) GRÜN W ALD, A.: *Hydrochemie*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1993. 176 s. ISBN: 80-010-0952-1.

- 19) HÄUSLER, J.: *Mikrobiologické kultivační metody kontroly jakosti vod. Díl II. Mikrobiologický rozbor vod.* Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 1994. 164 s. ISBN 80-7084-107-109.
- 20) HÄUSLER, J.: *Mikrobiologické kultivační metody kontroly jakosti vod. Díl III. Stanovení mikrobiologických ukazatelů.* Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 1995. 408 s.
- 21) HORÁKOVÁ, M., A. GRÜNWARD a P. LISCHKE: *Chemické a fyzikální metody analýzy vod.* Praha: SNTL, 1986. 389 s.
- 22) HORECKÁ, M., D. ŠIMONYIOVÁ a V. NAGYOVÁ: *Asociácia améb a legionel vo vodách.* In. AMBROŽOVÁ ŘÍHOVÁ, J., eds. 19. Seminář Aktuální otázky vodárenské biologie, 5. - 6. února 2003, Praha. Chrudim: Ekomonitor, 2003, s. 132-136. ISBN 80-903203-1-7.
- 23) CHAVE, P.: *The EU Water Framework Directive.* London: IWA Publishing, ©2001. ISBN 978-17-804-0223-9. Dostupné také z [www: http://www.iwaponline.com/wio/2007/04/wio200704RF1900222124.htm](http://www.iwaponline.com/wio/2007/04/wio200704RF1900222124.htm)
- 24) KLECZEK, J.: *Voda ve vesmíru, na zemi, v životě a kultuře.* Praha: Radioservis, a. s., 2011. 665 s. ISBN 978-80-86212-98-2.
- 25) KOVÁŘ, L.: *Tajemství vody.* Praha: H&H, 2008. 189 s. ISBN 978-80-7319-079-8.
- 26) KOŽÍŠEK, F.: *Studna jako zdroj pitné vody.* Praha: Státní zdravotní ústav, 2003, 36 s. ISBN 80-7071-224-4.
- 27) KOŽÍŠEK, F.: *Problematika malých zdrojů pitné vody. Vodní hospodářství.* 2011, roč. 61, č. 6, s. 225, 226. ISSN 1211-0760.
- 28) KOŽÍŠEK, F.: *Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2011.* Brno: Státní zdravotní ústav, 2012, 75 s. ISBN 978-80-7071-323-5.

- 29) KOŽÍŠEK, F.: *Víme, co pijeme – ověřování fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů 2* [online]. In. VODÁRENSTVÍ [online]. c2012 [cit. 2013-02-05]. Dostupný z www:
<http://www.vodarenstvi.cz/clanky/vime-co-pijeme-overovani-fyzikalnich-chemickych-a-organoleptickych-ukazatelu-2>
- 30) KOŽÍŠEK, F., P. PUMANN, J. ŠAŠEK a P. DOLEJŠ: Metodické doporučení – parazitičtí prvoci v pitné vodě. In. SZÚ [online]. Leden 11, 2005 [cit. 2012-9-25] Dostupný i na www:
<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/metodicke-doporuceni-parazitictiprvociv-pitne-vode>
- 31) KOŽÍŠEK, F., J. KOS a P. PUMANN: *Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství*. Praha: Sovak, 2006. 80 s. ISBN 80-200-1307-5.
- 32) KREDBA, M., J. HAMÁČKOVÁ a J. GABRIEL: *Výzkum jakosti našich povrchových vod*. Praha: Technický ústav obchodní a živnostenské komory, 1948. 87 s.
- 33) LEWICKI, P.: Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of food engineering*, 2004, volume 61, issue 4, pages 483-495. ISSN 0260-8774.
- 34) LIŠKA, M., M. KRÁTKÝ, J. GOLDBACH, K. SOUKUPOVÁ, a K. FOREJT: Největší zdroj pitné vody v České republice - vodárenská nádrž Švihov na Želivce. *Vodní hospodářství, příloha VTEI*. 2012, č. 3.
- 35) LUKÁŠOVÁ, J.: *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2001, 180 s. ISBN 80-7305-415-9.
- 36) MALÝ, J. *Chemie a technologie vody*. Brno: Noel 2000, 1996, 200 s. ISBN 80-86020-13-4.

- 37) McFEETERS, R.: *Drinking water microbiology*. New York: Springer-Verlag, 1990. 502 s. ISBN 0-387-97162-9.
- 38) Ministerstvo zemědělství: *Vodovody a kanalizace ČR 2011*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2012. 40 s. ISBN: 978-80-7434-079-6.
- 39) PAUMANN, P.: *Biologické ukazatele v novelách vyhlášek MZ pro pitnou vodu a koupaliště*. In. AMBROŽOVÁ ŘÍHOVÁ, J., eds. 19. seminář Aktuální otázky vodárenské biologie, 5. - 6. února 2003, Praha. Chrudim: Ekomonitor, 2003, s. 182-188. ISBN 80-903203-1-7.
- 40) PEČKOVÁ, M.: *Naše zkušenosti se stanovením Escherichia coli pomocí fluorogenního substrátu MUG*. In. PROKŠOVÁ, M., M. SEMAN, eds. Mikrobiológia vody 2003: zborník prednášok a posterov, 8. - 10. října 2003 Poprad. Bratislava, Československá spoločnosť mikrobiologická, 2004, s. 31. ISBN 80-223-1922-8.
- 41) PITTER, P.: *Hydrochemie*. Praha: SNTL, 1990. 568 s. ISBN 80-03-00525-6.
- 42) PITTER, P., TUČEK, F., CHUDOBA, J. a L. ŽÁČEK.: *Laboratorní metody v technologii vody*. Praha: SNTL, 1983. 304 s.
- 43) RODRÍGUEZ, D. C., P. NANCY and G. PEÑUELA: Microbiological quality indicators in waters of dairy farms: Detection of pathogens by *PCR Science of the Total Environment in real time*. 2012, volumes 427-428, pages 314-318.
- 44) SIROTNÁ, Z.: *Mikrobiologická kvalita technologických vod*. In. PROKŠOVÁ, M., M. SEMAN, eds. Mikrobiológia vody 2003: zborník prednášok a posterov, 8. - 10. října 2003 Poprad. Bratislava, Československá spoločnosť mikrobiologická, 2004, s. 77. ISBN 80-223-1922-8.
- 45) Směrnice Rady 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené k lidské spotřebě: In *Úřední věstník*. 1998, L 330/32, s. 90-112.

Dostupné také na www:

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:04:31998L008:CS:PDF>

- 46) TLAPÁK, V. a S. KRATOCHVÍL: *Voda v zemědělské krajině*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1982. 152 s.
- 47) TLAPÁK, V., ŠÁLEK, V. a V. LEGÁT: *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Nakladatelství Brázda, 1992. 318 s. ISBN 80-209-0232-5.
- 48) VEBER, J., HŮLOVÁ, M., KOŘÁNOVÁ, H. a A. PLÁŠKOVÁ: *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele*. Praha: Grada Publishing, 2007. 204 s. ISBN 978-80-247-1782-1.
- 49) VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin 2*. Tábor: OSSIS, 2002. 320 s. ISBN 80-86659-01-1.
- 50) Vyhláška č. 252 ze dne 30. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2004, částka 82/2004, s. 5402.
Dostupné z www:
http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-2004-252.html.
- 51) Vyhláška č. 275 ze dne 28. dubna 2004 o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2004, částka 88/2004, s. 5791. Dostupné z www:
<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=57922&fulltext=275~2F2004&nr=&part=&name=&rpp=15#local-content>.
- 52) Vyhláška č. 307 ze dne 13. června 2002 o radiční ochraně. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2002, částka 113/2002, s. 6362-6544. Dostupné z www:
<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2002/sb113-02.pdf>

- 53) Vyhláška č. 409 ze dne 30. září 2005 o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2005, částka 141/2005, s. 7438. Dostupné z [www: http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=60499&fulltext=409~2F2005&nr=&part=&name=&rpp=15#local-content](http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=60499&fulltext=409~2F2005&nr=&part=&name=&rpp=15#local-content)
- 54) Zákon č. 254 ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 98/2001, s. 5617-5692. Dostupné z [www: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-MZe_puvodni-zneni_zakon-2001-254-vodni-hospodarstvi.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-MZe_puvodni-zneni_zakon-2001-254-vodni-hospodarstvi.html).
- 55) Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 74/2000, s. 3622-3664. Dostupné z [www: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-ostatni_puvodni-zneni_zakon-2000-258.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-ostatni_puvodni-zneni_zakon-2000-258.html).
- 56) Zákon č. 274 ze dne 10. července 2001 o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In *Sbírka zákonů České republiky*. 2001, částka 104/2001, s. 6465-6492. Dostupné z [www: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-ostatni_puvodni-zneni_zakon-2000-258.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled/Legislativa-ostatni_puvodni-zneni_zakon-2000-258.html).
- 57) ŽÁČEK, L.: *Technologie úpravy vody*. Brno: Vutium, 1998. 65 s. ISBN 80-214-1257-7.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- 1) ISO, cz. [online]. 2008 [cit. 2012-06-11]. Normy ISO. Dostupné z [www: http://www.iso.cz](http://www.iso.cz).

7 PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Ukazatele úplného rozboru pitné vody

Ukazatel			
<i>Clostridium perfringens</i>	benzen	chloritany	polycyklické aromatické uhlovodíky
enterokoky	beno[a]pyren	chrom	rtuť
<i>Escherichia coli</i>	beryllium	chut'	selen
koliformní bakterie	bor	kadmium	sírany
mikroskopický obraz - abioseston	bromičnany	konduktivita	sodík
mikroskopický obraz – počet organismů	celkový organický uhlík	kyanidy celkové	stříbro
mikroskopický obraz – živé organismy	dusičnany	mangan	tetrachlorethen
počty kolonií při 22°C	dusitany	měď	trihalomethany
počty kolonií při 36°C	epichlorhydrin	microcystin-LR	trichlormethan (chloroform)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	fluoridy	nikl	vápník
1,2-dichlorethan	hliník	olovo	vápník a hořčík
akrylamid	hořčík	ozon	zákal
amonné ionty	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	pach	železo
antimon	chlor volný	pesticidní látky	
arsen	chlorethen (vinylchlorid)	pesticidní látky celkem	
barva	chloridy	pH	

Zdroj: (Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., příloha 1)

Příloha č. 2: Minimální ukazatele kráceného rozboru pitné vody

Č.	Ukazatel	Vysvětlivky
1	<i>Escherichia coli</i>	
2	koliformní bakterie	
3	<i>Clostridium perfringens</i>	1
4	počty kolonií při 22 st. C	
5	počet kolonií při 36 st. C	
6	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2
7	mikroskopický obraz - abioseston	3
8	mikroskopický obraz - počet organismů	3
9	mikroskopický obraz - živé organismy	3
10	amonné ionty	
11	barva	
12	dusičnany	
13	dusitany	
14	hliník	4
15	chlor volný	5
16	chemická spotřeba kyslíku – manganistanem (nebo celkový organický uhlík)	
17	chuť	
18	konduktivita	
19	mangan	6
20	pach	
21	pH	
22	Zákal	
23	železo	

Zdroj:(Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., příloha 5)

Vysvětlivky k tabulce:

1. Stanovuje se pouze u pitných vod upravovaných přímo z vod povrchových nebo u podzemních vod ovlivněných povrchovými vodami.
2. Stanovuje se pouze u balené pitné vody.
3. Stanovuje se v případě, je-li zdrojem povrchová voda. Je-li zdrojem podzemní voda, stanovuje se pouze v případě ovlivnění podzemního zdroje povrchovou vodou a indikace pomnožování organismů v síti.

Vysvětlivky 4 až 6 zde neuvádím, protože z hlediska zaměření této práce nejsou relevantní.

Příloha č. 3:

Spektrofotometr – optický přístroj k určování barvy, železa, manganu, dusičnanů, dusitanů, atd.



WTW inoLab – přístroj k měření pH, konduktivity atd.



Zdroj:(foto Bc. Iveta Křížová, 2013)

IONOSEP 2003 – izotachforetický analyzátor ke stanovení síranů atd.



AGILENT - Plynový chromatograf s hmotnostní detekcí k určování veškerých organických látek např. pesticidů, chlorovaných uhlovodíků atd.



Zdroj:(foto Bc. Iveta Křížová, 2013)

Destilátor vodní parou – k určování amonných iontů atd.



Zdroj:(foto Bc. Iveta Křížová, 2013)

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DH	Doporučená hodnota
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EN	Evropská norma
EU	Evropská unie
CHSK _{Mn}	Chemická spotřeba kyslíku - manganistanem
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
KHS	Krajská hygienická stanice
KTJ	Kolonie tvořící jednotka
MH	Mezní hodnota
MZe	Ministerstvo zemědělství
NMH	Nejvyšší mezní hodnota
SOP	Standardní operační postupy
WHO	Světová zdravotnická organizace