

Kvalita místních zdrojů vody

Bc. Lenka Šidlíková, DiS.

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Lenka ŠIDLÍKOVÁ, DiS.
Osobní číslo: T10531
Studijní program: N 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin

Téma práce: Kvalita místních zdrojů vody

Zásady pro vypracování:

1. V teoretické části se seznámit s problematikou různých lokálních zdrojů vody a související legislativou.
2. Vytvořit soupis informací týkající se možných kontaminantů a to jak mikrobiálních tak chemických.
3. V praktické části zhodnotit stav lokálních zdrojů vody s pomocí dat úpravny vod VAK Kroměříž.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Pelikán Vladimír. Ochrana podzemních vod, SNTL1983
2. Michek, V., Daříčková, A. Upravujeme vodu doma a na chatě, 2007
3. Hanousek Miloš. Voda pro chataře a zahrádkáře, 2005
4. Rosypal Stanislav. Bakteriologie a virologie, Scientia 1994
5. Scientific databases (Web of Science, Science Direct, EnvironetBase).
6. ALBERTS B. et al. Molecular Biology of the Cell 5th ed. Garland Science. ISBN: 0.8153.4105 - 9

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Humpolíček, Ph.D.

Centrum polymerních materiálů

Datum zadání diplomové práce:

6. ledna 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

21. května 2012

Ve Zlíně dne 15. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně ... 3. 5. 2018


.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce „Kvalita místních zdrojů vody“ se zaměřuje na problematiku kvality vody z domácích studní na Kroměřížsku. První kapitola popisuje způsoby získávání podzemní vody. Druhá kapitola se věnuje tématu kvality vody a její kontroly. Jsou zde popsány nejvýznamnější zástupci mikroorganismů, vyskytujících se ve vodě. U každého mikroorganismu jsou popsány rizika při výskytu, metoda stanovení a vyhodnocení výsledků. Samostatná kapitola je věnována moderním metodám stanovení. Vedle mikroorganismů je druhá kapitola zaměřena i na chemické látky, které voda obsahuje a které mohou mít vliv na kvalitu vody. Jsou zde popsány faktory ovlivňující kvalitu vody a jejich vliv na lidské zdraví. Dále kapitola obsahuje stručný popis jednotlivých metod detekce chemických látek. Krátká kapitola na závěr teoretické části popisuje jak pečovat o zdroj zásobování vody, aby se zlepšila její kvalita.

V praktické části diplomové práce jsou zpracovány výsledky rozborů vody z individuálních zdrojů zásobování. Výsledky stanovení jsou použité z laboratoře Vodovodů a kanalizací Kroměříž. Ke každému parametru (mikroorganismy nebo chemická látka) je sestaven graf počtu měření během jednotlivých čtvrtletí a roků. Výsledky jsou z let 2006 až 2011, celkem bylo sledováno 287 vzorků. V tabulkách je zaznamenáno statistické vyhodnocení rozdílů mezi výsledky laboratorních testů pomocí χ kvadrátu.

Klíčová slova: podzemní voda, mikroorganismy, studna, chemické látky.

ABSTRACT

Thesis "The quality of local water resources", focuses on issues of quality of water of domestic wells in the Kroměříž district. The first chapter describes the procedure for obtaining groundwater. The second chapter is devoted to the topic of water quality and control. It describes most prominent representatives of microorganisms present in water. For each microorganism are described in the risk of occurrence, method of determining and evaluating the results. Independent chapter is devoted to modern methods of determination. In addition to microorganisms is the second chapter focuses on chemicals that contain water and which may affect the quality of water. It describes the effects on water quality and human health. Next chapter contains a brief description of methods to detect chemical substances. A short chapter at the end of the theoretical section describes how to take care of the water supply source in order to improve its quality.

In the practical part of the thesis the results obtained by analyzes of individual sources of water supply are introduced. The results used are supplied by Water Supply and Sewerage Kroměříž. To every parameter (microorganism or chemical) graph consists of measurements of individual within a quarter or years. The results are from the years 2006 to 2011, a total of 287 samples was observed. In the tables, the statistical evaluation using χ square is presented.

Keywords: underground water, microorganisms, well, chemicals.

Každý, kdo se přestane učit, je starý, ať je mu 20 nebo 80.
Každý, kdo se stále učí, zůstává mladý. Je nejlepší v životě zůstat mladý.

Henry Ford

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Petrovi Humpolíčkovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, za cenné rady, ochotu pomoci a trpělivost. Také bych chtěla poděkovat celé své rodině za velkou podporu po dobu studia.

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

OBSAH

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÚVOD | 11 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 12 |
| 1 PODZEMNÍ VODA | 13 |
| 1.1 JÍMÁNÍ PODZEMNÍ VODY | 13 |
| 1.1.1 Vrtané studny | 14 |
| 1.1.2 Kopané studny | 14 |
| 1.1.3 Horizontální jímadla..... | 14 |
| 1.1.4 Jímání pramenů | 14 |
| 1.2 LEGISLATIVA PŘI BUDOVÁNÍ STUDNY | 15 |
| 1.3 ZÁSADY BUDOVÁNÍ STUDNÍ..... | 15 |
| 2 JAKOST PODZEMNÍ VODY | 16 |
| 2.1 KONTROLA KVALITY VODY | 16 |
| 2.2 MIKROBIOLOGICKÝ ROZBOR VODY..... | 17 |
| 2.2.2 Indikátory obecného znečištění | 18 |
| 2.2.3 Hygienicky významné mikroorganismy..... | 19 |
| 2.2.4 Indikátory fekálního znečištění | 21 |
| 2.2.4.1 Koliformní bakterie..... | 22 |
| 2.2.4.2 Enterokoky..... | 24 |
| 2.2.5 Parazité ve vodě | 25 |
| 2.3 MODERNÍ METODY STANOVENÍ MIKROORGANISMŮ | 26 |
| 2.3.1 Polymerázová řetězová reakce (PCR)..... | 26 |
| 2.3.2 Modifikace PCR..... | 26 |
| 2.3.2.1 RT PCR – Reverse transcription polymerase chain reaction..... | 26 |
| 2.3.2.2 Multiplex PCR..... | 27 |
| 2.3.2.3 Nested PCR..... | 27 |
| 2.3.2.4 Miniprimer PCR | 27 |
| 2.3.2.5 Real-time PCR – Kvantitativní PCR v reálném čase..... | 27 |
| 2.4 CHEMICKÝ ROZBOR VODY | 28 |
| 2.4.1 Odběr vzorků pro chemický rozbor..... | 29 |
| 2.4.2 Chemické látky ve vodě | 29 |
| 2.4.2.1 CHSK/Mn | 29 |
| 2.4.2.2 Amonné ionty..... | 30 |
| 2.4.2.3 Dusitany | 30 |
| 2.4.2.4 Dusičnany | 31 |
| 2.4.2.5 Chloridy | 32 |
| 2.4.2.6 Tvrdost vody | 33 |
| 2.4.2.7 Ostatní látky ve vodě | 34 |
| 2.5 DESINFEKCE A ČIŠTĚNÍ STUDNÍ | 36 |
| 2.5.1 Péče o studny..... | 36 |
| 2.5.2 Čištění studny..... | 37 |
| 2.5.3 Desinfekce studny | 37 |

| | | |
|-----------|----------------------------------------------|-----------|
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 39 |
| 3 | MATERIÁL A METODIKA | 40 |
| 3.1 | SBĚR DAT | 40 |
| 3.2 | MATEMATICKO STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ | 40 |
| 3.3 | MIKROORGANISMY KULTIVOVATELNÉ PŘI 22°C | 41 |
| 3.4 | MIKROORGANISMY KULTIVOVATELNÉ PŘI 36°C | 44 |
| 3.5 | KOLIFORMNÍ BAKTERIE | 46 |
| 3.6 | CHSK/MN | 49 |
| 3.7 | AMONNÉ IONTY | 52 |
| 3.8 | DUSITANY | 54 |
| 3.9 | DUSIČNANY | 57 |
| 3.10 | CHLORIDY | 59 |
| 3.11 | TVRDOST VODY | 62 |
| | DISKUZE | 65 |
| | ZÁVĚR | 67 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 68 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 75 |
| | SEZNAM TABULEK | 76 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | 77 |

ÚVOD

Voda je po kyslíku nejdůležitější pro přežití lidí i zvířat. Proto lidé budovali svá sídla v blízkosti vodních zdrojů. I přes svoji rozšířenost na Zemi je kvalitní voda velmi žádanou kapalinou; má hodnotu nejen ekonomickou, ale i ekologickou. Pětina lidstva nemá přístup k nezávadné vodě. 2,6 miliardy lidí postrádá hygienické zázemí. A zásoby sladké vody na Zemi se stále snižují. Podle odhadu Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) klesly zásoby vody v Evropě o třetinu, v Asii o tři čtvrtiny a v Africe o dvě třetiny. Rozdíly mezi zásobami vody a její spotřebou se neustále prohlubují a lze předpokládat, že spotřeba vody bude v následujících letech i nadále stoupat. Ne každý má přístup k vodě z veřejného zásobování, v ČR je to asi 10% obyvatel, kteří využívají vodu z veřejných nebo domovních studní. V dnešní době se k zásobování vodou ze studní vrací i lidé, kteří sice mají přístup k veřejnému vodovodu, ale používáním vody ze studny řeší dnešní vysokou cenu vody. Studna je ideální zdroj vody pro domácnosti. Neupravenou, nebo jen částečně upravenou vodu lze použít jako užitkovou (koupání, praní, mytí, zalévání) a tam kde je potřeba se voda dopraví do nezávadné, chutné pitné kvality. Podzemní voda je důležitá pro zásobení obyvatel pitnou vodou; bývá kvalitnější než voda povrchová. Důležitým předpokladem pro zásobování vodou je zajištění vodního zdroje, který má požadovanou kvalitu a je trvale vydatný. Voda nesmí ohrozit lidské zdraví z pohledu přenosu chorob ani chemickým složením. Kvalitní vody je v našich podmínkách málo, proto je důležité zdroje vody chránit a budovat nové. Pitná voda není jen potravinou nebo nápojem. Pitná voda je základní životní potřebou. Diplomová práce „Kvalita místních zdrojů vody“ je zaměřená na vyhodnocení výsledků rozborů podzemní vody z individuálních zdrojů zásobování. Zpracované údaje o kvalitě vody jsou použity z laboratoře Vodovodů a kanalizací v Kroměříži. Žádost o přístup k těmto údajům i souhlas ředitele společnosti je součástí diplomové práce; kapitola přílohy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PODZEMNÍ VODA

Podzemní voda se shromažďuje pod povrchem terénu v puklinách, pórech a dalších dutinách hornin (Zelinka, 2003). Je doplňována vsakováním srážkové vody. Podzemní voda bývá kvalitnější než voda povrchová, protože horninové prostředí má vysokou samočisticí schopnost. Proto je vhodnější jímat pitnou vodu z větší hloubky, aby ovlivnění z povrchu bylo co nejmenší. Podzemní voda ze studny nebo z pramene je z mikrobiologického hlediska obvykle nezávadná, pokud do této vody neproniká znečištěná povrchová voda. Na rozdíl od mikrobiologického složení není chemické složení podzemní vody vždy ideální; obsah minerálních látek ve vodě závisí na směru a hloubce proudění vody. Rychlost proudění ovlivňuje dobu interakce mezi horninou a vodou. Chemické složení vod ovlivňuje mnoho biochemických a geochemických procesů (Hanousek, 2005). Na kvalitu podzemní vody má vliv nejen roční období, ale i způsob zavlažování a používání hnojiv (Normatov et al., 2011).

Podzemní voda se vyskytuje ve dvou formách: 1) voda půdní – vyskytuje se v půdě, avšak nevytváří souvislou hladinu. Její obsah v půdě může být vysoký, ale nedá se čerpat ani jímat a proto je pro lidskou činnost nevyužitelná; naopak je podstatná pro zemědělské plodiny. 2) voda podzemní – vyplňuje prostory a mezery v horninách. Převážná část podzemní vody pochází ze srážek. Množství vody, které prosakuje do spodních vrstev, je závislé na propustnosti půdy. Místo, kde podzemní voda vytéká na povrch, se nazývá pramen (Pelián, 1983).

1.1 Jímání podzemní vody

Jímání vody je technický postup a zařízení k získání podzemní vody pomocí studní, galerií a pramenních jímek. Systémy jímání vody pomáhají kompenzovat jak nedostatek, tak i přebytek vody. Jímání se navrhuje na základě hydrogeologického průzkumu. Pokud mají být průzkumné objekty (vrty nebo šachtice) později využity jako studny, musí být při jejich hloubení a vystrojování postupováno podle dané normy (ČSN 75 5115, 2010).

Podle hloubky, ve které se podzemní voda nachází, rozdělujeme jímání mělké podzemní vody, jímání pramenů a jímání hluboké podzemní vody. Horizontálními jímadly (zářezy, štolami) a vertikálními jímadly (kopanými studnami) lze jímat mělké podzemní vody. Prameny různých typů se jímají pramenními jímkami nebo zemními nádržemi. Pro jímání

hlubší podzemní vody se používají výhradně vrtané studny (Zelinka, 2003). Podle ČSN 75 5115 – studny individuálního zásobování vodou se rozlišují podle provedení na studny šachtové (kopané) a studny trubní (vrtané) a podle účelu na studny veřejné, neveřejné a požární.

1.1.1 Vrtané studny

Jsou v dnešní době již značně rozšířené. Představují jeden z nejběžnějších způsobů jímání podzemní vody. Vrtaná studna je studna hloubená rotačním nebo nárazovým způsobem. Budují se s minimálním průměrem 1,0 – 1,3 m (Zelinka, 2003).

1.1.2 Kopané studny

Jde o hloubenou studnu, která je vyztužena pláštěm za skruží nebo zdiva. Minimální předepsaný vnitřní průměr u domovních studní je 0,8m. (ČSN 75 5115, 2010).

Dříve se tento typ studní hojně využíval. V dnešní době jej již odborníci nedoporučují, protože kopané studny bývají mělké a využívají jen podpovrchovou vodu, jejíž kvalitu nelze vždy zajistit. Podpovrchové vody jsou natolik znečištěny, že je lze jímat většinou jen s vysokými náklady na jejich úpravu. Potom studna hluboká jen několik metrů nestačí. Tento typ studní se hodí spíše pro potřebu vody užitkové. Vodu v mělkých kopaných studnách, která je podpovrchová, lze jen těžko ochránit před znečišťujícími látkami (Michek et Daříčková, 2007).

1.1.3 Horizontální jímadla

Pro jímání podzemní vody je možné použít jímací zářezy, jež jsou však nespolehlivé a neekonomické. I přes uvedené zápory jsou oblasti, kde pro získávání a zásobení vodou jiná možnost není, např. v horských oblastech (Zelinka, 2003).

1.1.4 Jímání pramenů

Pro domovní zásobení se používá jen výjimečně. K jímání pramenů se používají pramenní jímky.

1.2 Legislativa při budování studny

Studna je považována za stavbu, proto se na ni vztahují příslušná ustanovení stavebního zákona (zákon č. 50/1976 Sb., resp. č. 83/1998 Sb.). Podle vodního zákona č. 20/2004 Sb. je studna i vodohospodářským dílem a k jejímu zřízení a odběru je potřeba i povolení vodohospodářského úřadu. Všechny vrtané a šachtové studny hlubší než 30m jsou podle horního zákona báňská díla, k nim je potřeba souhlas Obvodního báňského úřadu. Dokumenty o studnách hlubších než 30m musí být předány k archivaci do Geofondu Praha.

Pro vydání povolení je nutno předložit snímek katastrální mapy, plánek umístění studny s vyznačením okolních studní a možných zdrojů znečištění, souhlas sousedů, projekt studny a vyjádření osoby s odbornou způsobilostí (§ 9 odst. 1 vodního zákona, resp. zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích).

Vybudováním a kolaudací studny nekončí působnost zákonů. Majitel studny má řadu povinností, zejména musí dodržovat podmínky a povinnosti, za kterých byla studna povolena (viz § 59 vodního zákona). Musí udržovat studnu v řádném stavu tak, aby nedocházelo k ohrožování bezpečnosti osob, majetku a jiných chráněných zájmů. (Kožíšek, 2003).

1.3 Zásady budování studní

Zásady budování studní lze shrnout do pěti základních bodů, které vychází z ČSN 75 5115 Studny individuálního zásobování.

- Studny je třeba situovat v prostředí, které nesmí být znečištěné.
- Odběrem vody ze studny nesmí být snížena vydatnost již existujících zdrojů vody.
- Konstrukce studny musí zamezit vnikání dešťové vody a nečistot do studny.
- Všechny materiály použité na stavbu studny musí být zdravotně nezávadné.
- Je třeba upravit okolí studny. Do vzdálenosti 10 m jsou zakázány činnosti, které by mohly zhoršovat jakost podzemní vody.

2 JAKOST PODZEMNÍ VODY

Nejčastější problémy studničních vod ze zdravotního hlediska jsou dva: bakteriální zavadlost a nadlimitní koncentrace chemických látek. Odhaduje se, že v naší republice je víc než 70% zdravotně závadných studní (Kožíšek, 2003). Tento stav je způsoben přehnojenými poli, kyselými dešti a mnoha hygienickými prohřešky občanů i komunálního nakládání s odpadními vodami a pevnými odpady. Chemické složení vody ovlivňuje mnoho faktorů – geografické, klimatické, hydrogeologické, biochemické, fyzikálně-chemické a antropogenní. Nejdůležitější vlivy působící na výskyt a život organismů v podzemní vodě jsou koncentrace kyslíku, teplota a prostorové faktory. Směr a hloubku proudění vody určuje typ hornin, se kterými voda reaguje. Chemické složení vody ovlivňuje mnoho biochemických a geochemických procesů. Nejběžnějším mechanismem je chemická hydrolyza (Zelinka, 2003).

Dostupnost kvalitní vody je důležitou podmínkou pro prevenci nemocí a zlepšení kvality života. Voda je jedním z nejvýznamnějších obnovitelných zdrojů (Cioroi, 2012). Pro výskyt mikroorganismů v podzemní vodě platí, že čím je voda hlubší, tím více klesá obsah kyslíku i živin potřebných pro život mikroorganismů. A proto se počet mikroorganismů s hloubkou vody snižuje. Z toho plyne, že čím hlubší vodu získáme, tím je její kvalita vyšší (Michek et Daříčková, 2007). Největší hrozba znečištění podzemní vody je z povrchu. Její jakost je závislá na výskytu kontaminujících látek na povrchu terénu – komposty, ropné látky, skládky odpadků, hnojiště, aj. Tyto látky se spolu se srážkovými vodami vsakují do podzemní vody (Hanousek, 2005).

2.1 Kontrola kvality vody

Dostupným a jediným řešením zjištění charakteru a eventuální míry kontaminace využívané vody je podrobit vzorek vody laboratornímu rozboru. Výsledek rozboru informuje o hodnocení vody z hlediska chemického, fyzikálního, biologického a mikrobiologického.

Hygienické limity mezních hodnot všech ukazatelů stanovuje vyhláška č. 252/2004 Sb. Pokud měrná hodnota některého z ukazatelů nevyhovuje těmto limitům, nemůže být voda používána pro veřejné zásobování vodou. U domovních studní je tento zjištěný stav důkazem, že voda není v pořádku a je třeba hledat příčiny a sjednat nápravná opatření (Vyhláška č. 252, 2004). Pravidelná kontrola kvality vody je nutností. Provozovatel veřejné studny

i soukromé studny využívané k podnikatelské činnosti musí nejméně jednou ročně zajistit technickou prohlídku studny a jejího nejbližšího okolí a odstranit zjištěné závady. Zároveň musí podle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, nechat provést odběr vody a její rozbor. Používá-li někdo studnu jen k zásobování své domácnosti, žádný předpis mu přímo neukládá povinnost jak často kontrolovat kvalitu vody. U soukromých studní se doporučuje provádět kontrolu minimálně jednou do roka. Rozbor pitné vody smí provádět pouze laboratoře akreditované Českým institutem pro akreditaci. Pokud má být výsledek analýzy podkladem ke správnému řízení nebo jde o kontrolní rozbor vody z veřejné studny, musí být i odběr akreditovaný (Vyhláška č. 252, 2004).

2.2 Mikrobiologický rozbor vody

Podzemní voda je životním prostředím velkého množství organismů, které mohou ovlivnit její kvalitu, příznivě i nepříznivě. V přírodní vodě se vždy vyskytuje určité množství mikroorganismů. Jejich druhové zastoupení a množství je proměnlivé a závisí na mnoha faktorech. Mikrobiologický rozbor je založen na sledování mikroorganismů, které poukazují na fekální a obecné znečištění. Ve vodách se sleduje i výskyt virů (Hygienický význam..., 1979). Sledování výskytu patogenních mikroorganismů ve vodě je ze zdravotního hlediska velmi důležité. Patogeny mohou způsobovat řadu vážných onemocnění alimentárních, kožních, aj. (Votava, 2003).

2.2.1 Rozbor vody

Mikrobiologický rozbor vody se většinou provádí kultivačními metodami, méně často metodami mikroskopickými. Kultivační metody lze rozdělit na statické a kontinuální. Při statické kultivaci rostou mikroorganismy v prostředí, které je na počátku kultivace bohaté na živiny, během růstu mikroorganismů jsou živiny vyčerpávány a hromadí se metabolity. Základem kontinuální kultivace je neustálé přivádění čerstvého prostředí a současně odvádění přebytku prostředí (Buňková, 2010). V současnosti jsou známé i moderní metody stanovení, které se zatím příliš nepoužívají.

Krácený rozbor – slouží k získávání pravidelné informace o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úpravy vody, zvláště dezinfekce, mikrobiologické jakosti a organoleptických vlastnostech vody, a to za účelem zjištění, zda jsou dodržovány limitní hodnoty stanovené vyhláškou, nebo orgánem ochrany veřejného zdraví na základě zákona.

Úplný rozbor – účelem je získání informací potřebných ke zjištění, zda jsou dodržovány limitní hodnoty všech ukazatelů stanovených vyhláškou 252/2004 Sb.

Lze také provádět rozbor na přání zákazníka, kdy se např. stanovují pouze *E. coli* nebo koliformní bakterie.

Hodnoty pro určování parametrů pitné vody:

- doporučená hodnota (DH);
- mezní hodnota (MH) – její překročení nepředstavuje akutní zdravotní riziko. Je nutné provést úpravu;
- nejvyšší mezní hodnota (NMH) – nesmí být překročena. Pokud dojde k překročení, nejedná se o pitnou vodu.

2.2.1.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků je prvním krokem rozboru. Již při odběru je nutné dodržovat stanovené zásady, aby nebyl ovlivněn samotný rozbor vody. Jestliže nebyla studna delší dobu používána, je nutné ji před odběrem vzorku vyčerpat, nebo alespoň propláchnout potrubí ze studny k odběrovému místu. Vzorek vody se odebírá z místa, kde se voda běžně používá (nelze odebírat např. přes hadice k zalévání). Před vlastním odběrem se nechá voda odtéci a potom se plní vzorkovnice. Vzorky je nutné uložit v chladničce a pro bakteriologický rozbor zpracovat do 24 hodin (Míček et Daříčková, 2007).

Pro bakteriologický rozbor se vzorek odebírá do skleněných lahví – vzorkovnic s hliníkovou fólií. Vzorkovnice se nevyplachují, plní se asi 2 cm pod okraj (Standardní operační postupy, 2012).

2.2.2 Indikátory obecného znečištění

Skupina organotrofních bakterií, kvasinek a plísní, které jsou schopné tvořit kolonie na specifickém kultivačním mediu. Poskytují informaci pro posuzování kvality vody, hlavně u podzemní vody a v jednotlivých krocích úpravy vody.

Podstatou zkoušky je naočkování vzorku, popř. zředěného vzorku, metodou přímého výsevu do roztopeného kultivačního media. Metoda je vhodná pro psychrofilní (22°C po dobu 68 hodin) i mezofilní (36°C po dobu 44 hodin) mikroorganismy. Vyhodnocení výsledků probíhá ihned po době kultivace, případně je možné vzorky uchovat v lednici a vyhodnocení provést do 24 hodin. Výsledek se vyjadřuje jako počet kolonií (kolonie tvořící jednot-

ku) v 1 ml. Petriho misky, na nichž vyrostlo více než 300 kolonií i v nejvyšším stupni ředění označujeme jako nepočitatelné. Vzorky, u kterých na větší části plochy misky došlo k růstu obřích kolonií plazivých bakterií označujeme jako přerostlé. (Standardní operační postupy, 2012). Metodu stanovení kultivovatelných organismů popisuje ČSN EN ISO 6222 a ČSN ISO 8199.

Mezi indikátory obecného znečištění řadíme organotrofní bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, některé kvasinky, gramnegativní nefermentující tyčinky a sporující bakterie. Tyto mikroorganismy získávají dusík, uhlík i živiny pouze z organických látek (Clark et Pagel, 1977). Průkaz indikátorů obecného znečištění informuje o stavu vodního zdroje v závislosti na jeho okolí a celkovém mikrobiálním oživení vody (Hygienický význam..., 1979). Podle teplotního optima je lze rozdělit na mezofilní (36°C) a psychofilní (22°C) mikroorganismy. Organotrofní bakterie ovlivňují organoleptické vlastnosti vody – zákal, chuť, pach, barvu, aj.

Pseudomonas aeruginosa

Jde o nejvýznamnější druh rodu *Pseudomonas* (Mena et Gerba, 2009). Hojně se vyskytuje ve vodách, v rostlinách, půdě a ve střevech obratlovců. Pro člověka je příležitostně patogenní (Votava et al., 2003). *Pseudomonas* je lepším ukazatelem potenciálního bakteriálního znečištění než bakterie rodu *Aeromonas* (Ribas, et al., 2000).

2.2.3 Hygienicky významné mikroorganismy

Přítomnost hygienicky významných mikroorganismů ve vodě je výsledkem hrubé závady hygienického nebo epidemiologického charakteru. Jejich stanovení není součástí běžného mikrobiologického rozboru, používá se příležitostně je-li podezření, že voda je takovými mikroorganismy kontaminována. Do skupiny hygienicky významných mikroorganismů patří různorodé organismy, které se mohou vyskytovat ve vodě. Jejich výskyt je však nežádoucí. Mnohé z nich mohou být pro člověka patogenní. Jde o rody *Salmonella* – *S. typhi*, *S. paratyphi* (Votava et al., 2003), *Shigella* – *Sh. dysenteriae*, *Sh. flexneri*, *Sh. sonnei*, *Sh. boydii* (Hygienický význam..., 1979), *Vibrio* – *Vibrio cholerae* (Votava et al., 2003), *Legionella* – *Legionella pneumophila*, *Legionella moravica*, *Legionella brunensis* (Wilkinson et al., 1988), *Staphylococcus* – *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* (Votava et al., 2003), *Streptococcus* – *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus bovis* (Šilhánková, 2008), *Aeromonas* – *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas puncta-*

ta, *Aeromonas salmonicida* (Hygienický význam..., 1979), *Candida - Candida albicans* (Šilhánková, 2008), *Leptospira – Leptospira biflexa, Leptospira interrogans* (Votava et al., 2003). Dále do skupiny hygienicky významných mikroorganismů patří živočišné viry rodu *Enterovirus – Polioviry, Coxsackieviry a Echoviry* (Šilhánková, 2008).

Salmonely

Gramnegativní, pro člověka patogenní, bakterie čeledi *Enterobacteriaceae*. Jde o nejčastější původce alimentárních nákaz (Votava et al., 2003). Salmonely lze rozdělit na primárně antropogenní – jsou přenosné z člověka na člověka (*S. typhi, S. paratyphi*) a primárně zoonotogenní - bacilonosiči jsou zvířata (*S. enteritidis, S. typhimurium, S. infantis*).

Shigely

Gramnegativní nepohyblivé bakterie, vyskytující se pouze v gastrointestinálním traktu lidí a opic. *Shigella flexneri* je významný lidský patogen způsobující bacilární úplavice (Sun et al., 2011). Některé kmeny produkují shiga toxin (Votava et al., 2003).

Vibrio

Krátké gramnegativní tyčinky s jedním bičíkem. Vibria mohou způsobit průjmy, infekce uší a ran; nejvýznamnějším onemocněním je cholera (Rosypal, 1994).

Legionely

Štíhlé pleomorfní tyčinky až vlákna. Některé druhy legionel způsobují onemocnění dýchacích cest, zápal plic, zvracení, průjmy a bolesti břicha (Šilhánková, 2008). Převážná většina infekcí pochází z nákazy *Legionella pneumophila*. Možné zdroje přenosu zahrnují téměř všechny člověkem budované vodní systémy (Shelton et al., 2000).

Stafylokoky

Grampozitivní koky, jednotlivě, v párech nebo tetradách. Některé druhy stafylokoků produkují enterotoxiny, proto jsou pro organismus nebezpečné. Toxiny se inaktivují delším varem (Panneerseelan et Muriana, 2009). Při kontrole podzemní vody se stanovení stafylokoků neprovádí; je určeno především pro kontrolu kvality desinfekčního účinku chloru ve vodě bazénů a koupališť.

Streptokoky

Fakultativně anaerobní grampozitivní koky. Patogenní druhy rodu *Streptococcus* způsobují spálu, hnisavá onemocnění, angínu, apod. (Šilhánková, 2008).

Leptospiry

Leptospiry lze rozdělit na nepatogenní *Leptospira biflexa* a patogenní *Leptospira interrogans* (Votava et al., 2003). Způsobují leptospirózu. Stanovení je založeno na kultivaci leptospir v polotekutém kultivačním mediu. Provádí se jen výjimečně, jde-li o podezření na leptospirózovou infekci ve vodách.

Candida

Rod *Candida* zahrnuje nekvasící druhy i druhy se silnými kvasíciemi schopnostmi. Pro člověka jsou fakultativně patogenní druhy původci kožního onemocnění – kandidózy, chorob sliznic zažívacího, dýchacího a urogenitálního traktu (Votava et al., 2003). Výskyt kandid se monitoruje ve vodách koupališť a bazénů, kde pozitivní výsledky jsou indikátorem hrubých hygienických závad.

Aeromonády

Rod *Aeromonas* patří do čeledi *Vibrionaceae*. Jsou to krátké tyčinky se zaoblenými konci. Na rozdíl od enterobakterií jsou katalázapozitivní (Votava et al., 2003). Kolonie aeromonád jsou při mikrobiologickém rozboru snadno zaměnitelné za kolonie koliformních bakterií. Proto se po kultivaci používá cytochromoxidázový test.

Enteroviry

Jedná se o živočišné viry, které mají schopnost množit se ve střevech. *Polioviry* se vyznačují největší virulencí, způsobují dětskou obrnu (Šilhánková, 2008). *Coxsackieviry* vyvolávají u člověka různá onemocnění. Přenášejí se fekálně-orální cestou, nosičem nákazy je znečištěná voda. *Echoviry* mohou být příčinou aseptických meningitid, lehkých střevních a respiračních onemocnění (Votava et al., 2003).

2.2.4 Indikátory fekálního znečištění

Stanovení indikátorů fekálního znečištění je nejčastěji používaná metoda ověření mikrobiologické nezávadnosti vody. Detekci takových mikroorganismů předepisují normy všech vyspělých států. Cílem rozboru je sledování, zda voda neobsahuje podmíněně patogenní

mikroorganismy, které by mohly u člověka vyvolat vážná onemocnění. Proto mají v hygieně vody mimořádný význam (Hygienický význam..., 1979). Do skupiny ukazatelů fekálního znečištění řadíme enterokoky, koliformní bakterie a anaerobní klostridia. Tyto bakterie se vyskytují v lidských a zvířecích fekáliích, ale i ve vnějším prostředí (Michek et Daříčková, 2007). Jestliže se některé z bakterií ve vodě objeví, je zřejmé, že voda přišla do kontaktu s lidskými nebo zvířecími výkaly nebo se zbytky živočichů a proto může obsahovat i další patogenní bakterie a viry, které pocházejí za střevního traktu. V zemědělsky znečištěných oblastech může být zvýšen výskyt enterokoků a některých méně častých druhů souvisejících s hospodářskými zvířaty a rostlinami (Baudišová, 2009)

2.2.4.1 Koliformní bakterie

Jde o skupinu střevních bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae*, gramnegativní anaerobní tyčinky netvořících spory, které mohou pocházet z trávicího traktu lidí a zvířat, ale i z půdy a tlejících zbytků rostlin (Kožíšek, 2003). Většina těchto bakterií zkvašuje laktózu za současné tvorby kyseliny a plynu. Při dostatečném množství živin z organického znečištění vody se mohou pomnožovat přímo ve vodovodních rozvodech. Jsou pokládány za nejdůležitější indikátor fekálního znečištění. Přítomnost střevních patogenů ve vodních zdrojích představuje vážné riziko pro veřejné zdraví. Proto je jejich přesná detekce zásadním krokem při zajišťování bakteriální bezpečnosti vody (Horáková et al., 2006). V pitné vodě by se neměly vyskytovat. Jejich nález indikuje možné fekální znečištění vody nebo závady v rozvodném systému a zdravotním zabezpečení vody. Nejvýznamnějšími zástupci této skupiny jsou rody *Escherichia*, *Enterobacter* a *Citrobacter* (Hygienický význam..., 1979).

Stanovení koliformních bakterií je považováno za jedno z nejdůležitějších kritérií čistoty vody z hygienického hlediska. Pro mikrobiologický rozbor pitných vod je určena metoda membránových filtrů. Ihned po kultivaci se provádí konfirmační testy, které potvrzují příslušnost kolonií mezi koliformní bakterie. Další metodou stanovení koliformních bakterií je metoda kvasné zkoušky. Nejstarší i nejpoužívanější metodou je Savageova metoda. Její princip je založen na schopnosti koliformních bakterií zkvašovat laktózu na aldehydy a jednoduché kyseliny za současné tvorby plynu. Stanovení je kvalitativní – pozitivní reakce pouze svědčí o tom, že ve vzorku je přítomna alespoň jedna buňka koliformních bakterií. Stanovení zahrnuje úzkou skupinu bakterií. Schopnost tvořit indol z tryptofanu je jedním z nejdůležitějších konfirmačních testů.

Escherichia

Rod *Escherichia* jsou gramnegativní tyčinky, které se vyznačují tvarovou variabilitou (Hygienický význam..., 1979). Nejvíce zkoumaným druhem je *Escherichia coli*, slouží jako modelový mikroorganismus pro fyziologické, biochemické a genetické studie (Šilhánková, 2008). *Escherichia coli* je důležitou složkou běžné střevní mikroflóry. Je to bičíkatá tyčinka žijící v tlustém střevě teplokrevných živočichů, která je jedním z nejdůležitějších zástupců střevní mikroflóry a její přítomnost je nezbytná pro správný průběh trávicích procesů ve střevě. Mimo střevo je vždy patogenní (Votava et al., 2003).

E. coli roste na běžných kultivačních půdách, její teplotní optimum je 37°C, ale snáší teploty od 10°C do 46°C. Na pevných půdách roste v kulatých neprůhledných koloniích s hladkými okraji (S-fáze) nebo v koloniích drsných s nepravidelnými okraji (R-fáze). *Escherichie* zkvašují laktózu, glukózu, maltózu a mannitol a jsou citlivé na účinek solí žlučových kyselin. Z chemických činidel působí na *escherichie* peroctová kyselina, fenol a chlorové preparáty.

Stanovení *E. coli* se provádí metodou membránových filtrů, nález ukazuje na čerstvé fekální znečištění. Metoda je určena hlavně k posouzení jakosti pitné vody, lze ji ale použít i na ostatní typy vod. Kultivačním médiem je m-FC agar, peptonová voda s laktózou (pro důkaz tvorby plynu) a tryptonová voda (pro důkaz tvorby indolu). Výsledky se uvádí na zpracovaný objem vzorku jako počet presumptivní (předpokládaný) *Escherichia coli*. Nález je hodnocen jako čerstvé fekální znečištění (Standardní operační postupy, 2012). Protože přítomnost střevních bakterií ve vodních zdrojích představuje vážné riziko, je důležitá přesná detekce těchto bakterií. Z toho důvodu byla vyvinuta nová metoda stanovení – triplex PCR pro detekci *Escherichia coli*. Díky této metodě se zvyšuje specifita a spolehlivost důkazu *Escherichia coli* ve vzorcích vody. Metoda triplex PCR také umožňuje rozlišení *Shigella flexneri* a *Escherichia coli*, dále je možno rozpoznat koliformní bakterie, popř. bakterie *Klebsiella* a *Raoultella spp.*, z nichž některé mohou u lidí způsobovat vážné infekce (Horáková et al. 2006).

Citrobacter

Rod gramnegativních bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae*, má některé společné rysy se salmonelami. Vyskytují se ve vodě či v půdě, u člověka ve střevě. Jsou poměrně málo patogenní (Šilhánková, 2008). Někdy způsobují u oslabených jedinců močové či respirační

infekce, u novorozenců meningitidy či sepse. K hlavním druhům patří *C. coseri*, *C. freundii* (Badger et al., 2005). Kultury *Citrobacter freundii* byly izolovány a identifikovány v roce 1932 z půdních výluhů.

Vedle klasické metody stanovení (membránové filtry, kvasná zkouška) je možno pro důkaz *Citrobacter* použít metodu 5-nukleáza polymerázovou řetězovou reakci (Kaclíková et al., 2005).

Enterobacter

Jde o druhou nejběžnější bakterii lidského střeva. Je to podmíněný patogen, způsobující infekce močových cest. Nejvýznamnějšími druhy jsou *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter sakazakii* a *Enterobacter choacae* (Votava et al., 2003).

Velkým problémem při detekci *Enterobacter sakazakii*, ale i jiných patogenů, je důkaz např. jen jediné buňky v relativně velkém množství vzorku resp. důkaz nepřítomnosti patogenů. Z toho důvodu se osvědčují klasické kultivační techniky, které po několikadenní kultivaci umožní namnožit mikrobiální patogen. Tento postup trvá obvykle 5 až 7 dní. Z hygienického hlediska je však potřebné vědět co nejrychleji, zda je voda kontaminována, a proto jsou vyvíjeny nové rychlejší metody (Al-Holy et al., 2008). Pro detekci *E. sakazakii* je popsáno, vedle klasických kultivačních a biochemických technik, několik hybridizačních metod stanovení. Tyto molekulárně-genetické postupy využívají nejčastěji polymerázovou řetězovou reakci. Nejlépe se osvědčila kombinace kultivace na agarových půdách s následnou detekcí pomocí PCR (Cawthorn et al., 2008; Iversen et al., 2007).

2.2.4.2 Enterokoky

Enterokoky (fekální streptokoky) jsou grampozitivní koky, většinou tvořící diplokoky. Jsou fakultativně anaerobní, pohyblivé a odolné vůči teplotě i antibiotikům. Mají fermentativní metabolismus, z glukózy tvoří kyselinu mléčnou. Jejich teplotní rozmezí růstu je od 10°C do 45°C. Způsobují meningitidy, záněty močových cest a sepse. 90% infekcí je způsobeno *Enterococcus faecalis* (Hygienický význam..., 1979).

Enterokoky jsou méně specifické než *Escherichia coli*, mohou se vyskytovat i na rostlinách, které do styku s fekáliemi nepřišly (Šilhánková, 2008).

Stanovení enterokoků se provádí kultivací na krevním agaru a např. na Slanetzově-Bartleyho půdě (Votava et al., 2003). U povrchových či odpadních vod se používá ke sta-

novení metoda přímého výsevu na povrch kultivačního media. V neznečištěných a pitných vodách se používá stanovení metodou membránových filtrů. Pro přesné stanovení je u obou metod vhodné provést konfirmační testy – test na důkaz hydrolýzy aeskulinu a katalázový test. K důkazu enterokoků je možné použít i nové moderní metody stanovení, např. Taq DNA, kdy se měří fluorescenční signál. Tato metoda je proti klasické kultivační metodě mnohem rychlejší, ukončena je do cca 5 hodin (Frahm et Obst, 2003).

Výskyt enterokoků se stanovuje u všech typů vod. Jejich nález indikuje možné fekální znečištění nebo závady v úpravě a dezinfekci vody. Nejvyšší mezní hodnota pro vodu z individuálních zdrojů zásobování je 0 KTJ v 10 ml vzorku (Vyhláška č. 252, 2004).

2.2.5 Parazité ve vodě

Parazitičtí prvoci rodů *Cryptosporidium* a *Giardia* patří k nejvýznamnějším původcům průjemových onemocnění s celosvětovým výskytem. Vykazují mnohé společné epidemiologické znaky. Zdrojem zárodků jsou, kromě člověka, hospodářsky chovaná zvířata, ale i domácí a divoká zvířata. Oocysty kryptosporidií a cysty giardií se vyznačují vysokou odolností k vlivům prostředí, díky níž jsou schopny přežívat po měsíce ve vodním prostředí. V povrchových vodách se oocysty a cysty běžně vyskytují. Infekční dávka je mimořádně nízká: k vyvolání infekce stačí jedna až deset oocyst kryptosporidií a méně než deset cyst giardií. Klinický obraz kryptosporidiózy a giardiózy se vyznačuje širokým spektrem gastrointestinálních příznaků, z nichž převažují chronické průjmy, břišní křeče, únava, nevolnost, nechutenství a ztráta hmotnosti (Kožíšek, 2005)

U některých osob může nákaza proběhnout bez jakýchkoli příznaků, naopak u osob s poruchou imunity může mít onemocnění kryptosporidiózou těžký a chronický průběh, někdy i s fatálním koncem. Vyšetření na přítomnost těchto parazitů se provádí v případě, že se ve vodě prokáže indikátorový mikroorganismus *Clostridium perfringens* (Vyhláška č. 252, 2004).

2.3 Moderní metody stanovení mikroorganismů

2.3.1 Polymerázová řetězová reakce (PCR)

Výrazný pokrok ve vývoji detekčních metod umožňuje rychlejší a přesnější stanovení mikroorganismů, a to nejen ve vodě, ale i v jiných materiálech (např. medicína). Vhodnou metodou pro stanovení mikroorganismů je např. PCR (polymerázová řetězová reakce). Za objevitele PCR je považován Karry Mullis, který byl v roce 1993 vyznamenán Nobelovou cenou za chemii (Rabinow, 1996).

Metoda PCR má základ v použití DNA-polymerázy a její schopnosti syntetizovat novou oblast DNA, komplementární k šabloně (Alberts, 2008). Na konci PCR je v miliardách kopií namnožená určitá sekvence DNA, ohraničená primery (řetězce o několika bázích, označující počáteční místo replikace) (Hartl et Jones, 1998). DNA, získanou z infekčního agens je nejprve potřeba tepelně denaturovat, kdy při teplotě nad 90°C jsou rozvolněny vodíkové můstky. Tím se od sebe oddělí jednotlivé řetězce DNA (Kočárek, 2004). Protože dochází k amplifikaci obou řetězců matricové DNA, vznikají v průběhu cyklu z výchozí molekuly dva amplikony (Pavlík, 1999). Při každém dalším cyklu dochází ke zdvojnásobení počtu amplikonů (Kočárek, 2004).

PCR probíhá v termocykleru. Zařízení je zkonstruováno tak, aby bylo možné automaticky měnit teplotu potřebnou pro každý krok reakce (Kočárek, 2004). Reakční směs obsahuje nukleotidy ve formě trifosfátů, primery, vhodnou DNA-polymerázu a pufr (Pavlík, 1999).

2.3.2 Modifikace PCR

Podle způsobu použití existují modifikace PCR, které jsou použitelné pro různé druhy mikroorganismů.

2.3.2.1 RT PCR – Reverse transcription polymerase chain reaction

Stanovení vhodné pro detekci virů, které mají pouze RNA. Metoda umožňuje přímý důkaz infekčních agens za použití reverzní transkripce. Problém termolability reverzní transkriptázy byl odstraněn díky objevenému enzymu (bakterie *Thermus thermophilus*) (Meyers et Gelfand, 1991). Podle některých autorů je účinnost reverzní transkripce in vitro nižší než 5% (Ferre, 1992).

2.3.2.2 *Multiplex PCR*

V rámci jedné reakce PCR je použito soupravy více primerů. Proto lze z jednoho testu získat větší počet informací. Tato metoda je uplatňována při kvantitativní detekci nebo při současné detekci interního kontrolního genu (Onkologické centrum, 2010).

2.3.2.3 *Nested PCR*

Metoda nested PCR se používá ke zvýšení přesnosti a citlivosti stanovení. Základem jsou dvě po sobě jdoucí amplifikační reakce. Vysoká výtěžnost a specifita je považována za výhodu této techniky. Metoda vyžaduje podrobnou znalost cílových sekvencí (Pavlík, 1999).

2.3.2.4 *Miniprimer PCR*

Díky metodě miniprimer PCR je umožněno odhalit nové rozměry při stanovení mikroorganismů. Metoda využívá jen velmi krátké primery (9 – 10 nukleotidů) (Isenbarger et al., 2008).

2.3.2.5 *Real-time PCR – Kvantitativní PCR v reálném čase*

Jde o velmi mladou metodu, využívanou jen krátkou dobu. Dochází ke kombinaci amplifikace DNA a detekce produktu v reálném čase (Eurogentec, 2004). Fluorescence PCR produktu je v reálném čase sledována speciálním přístrojem, umožňujícím kontinuálně monitorovat přírůstky DNA během každého cyklu (Bílek, 2008). Real-time PCR je přesná a vysoce citlivá metoda, náchylná k detekci nespecifických reakcí, především při použití nespecifických barviv (Wittwer et al., 1997). Klasická metoda PCR není příliš přesná, real-time PCR umožňuje kvantifikaci RNA a DNA přesněji a jednodušeji než starší metody (Applied biosystems, 2006). V současnosti je metoda real-time PCR využívána pro rychlý důkaz mikroorganismů, např. pro stanovení *E. coli* se používá rapid real-time PCR (Heijnen et Medema, 2009), pro detekci *Citrobacter freundii* je vhodná kinetická real-time PCR (Kacálková et al., 2005). Real-time PCR je možné využít pro stanovení *Streptococcus pyogenes* (Dawson et al., 2009), enterovirů (Rutjes et al., 2005) a klostridií (Messelhauser et al., 2007).

2.4 Chemický rozbor vody

Při chemické kontrole vody se využívají chemické a fyzikální metody stanovení. Kontrolu vody je možné provádět kráceným nebo úplným rozbor. Nebo je možné zaměřit se pouze na ukazatele, které zákazník požaduje (Standardní operační postupy, 2012). Stejně jako u mikrobiologického rozboru jsou vyhláškou stanoveny mezní (popř. nejvyšší mezní) hodnoty pro jednotlivé ukazatele. Rozbory se provádí podle standardních operačních postupů jednotlivých laboratoří. Tyto metody jsou duševním vlastnictvím laboratoře. Všechny postupy musí vyhovovat daným normám. V dnešní době se již většina rozborů provádí instrumentálními metodami, především atomovou absorpční spektrometrií, fotometrickými a turbidimetrickými metodami, plamenovou spektrofotometrií, polarografickými metodami, apod.

Atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je jednou z nejrozšířenějších analytických metod. Principem metody je absorpce záření rezonanční spektrální čáry volnými atomy měřeného prvku v základním energetickém stavu. Metoda je založena na jevu, že páry prvku obsahující volné atomy absorbují světlo téže vlnové délky, kterou atomy samy mohou vysílat. Vychází se ze známého Kirchhoffova zákona, podle kterého každá látka absorbuje takové záření, které sama vyzařuje (Krofta et al., 1997).

Komplexometrická titrace

Metody odměrné analýzy, které jsou založené na tvorbě komplexních sloučenin. Komplexometrické metody, založené na tvorbě stálých komplexních sloučenin, dovolují právě tak přesné stanovení kovových iontů v roztoku, jako je stanovení silných kyselin nebo zásad. (Vondruška, 2004).

Turbidimetrie

Analytická metoda ke stanovení malých koncentrací jemně rozptýlených tuhých látek, která je založená je založená na měření procházejícího světla zeslabeného rozptylem na částicích. Nejobtížnější je získat reprodukovatelně suspenzi měřené reakční směsi, která je dostatečně stálá. K tomu účelu se používají ochranné koloidy. Používá se ke stanovení zákalu vody, ke stanovení některých kovů ve formě sulfidů, chloridu stříbrného, síranu barnatého, popřípadě v biochemických analýzách (Kaplan et al, 2003)

Polarografie

Polarografie je dnes běžně užívanou metodou chemické analýzy, která umožňuje stanovit velmi nízké koncentrace iontů kovů i organické látky. Od svého objevu prošla metoda řadou technických vylepšení a modernizací. V posledních desetiletích se polarografie nahrazuje voltametrií, která používá jako měrnou elektrodu buď visící rtuťovou kapkovou elektrodu nebo pevné elektrody, jejichž obnova se provádí mechanicky či elektrochemicky. Polarografii objevil v roce 1922 český vědec Jaroslav Heyrovský (1890 – 1967), v roce 1959 za ni získal Nobelovu cenu (Vejražka, 2008).

2.4.1 Odběr vzorků pro chemický rozbor

Stejně jako u mikrobiologického rozboru je odběr vzorků prvním krokem k úspěšnému stanovení. Při delším nepoužívání studny se doporučuje vyčerpání a opětovné nastoupaní vody. Před vlastním odběrem se nechá vody 2-3 minuty volně odtékat. Vzorek vody pro chemický rozbor se odebírá do polyetylenových vzorkovnic (lahví). Při odběru se vzorkovnice včetně uzávěru třikrát vypláchne odebíranou vodou. Vzorkovnice se plní až po okraj. Vzorky je nutno po odběru uložit v chladničce a dopravit do laboratoře do 48 hodin (Standardní operační postupy, 2012).

2.4.2 Chemické látky ve vodě

Chemické látky ve vodě mohou ovlivňovat její kvalitu – chuť, pach, zákal, aj. nebo mohou mít vliv na zdravotní nezávadnost vody. Mezi důležité chemické ukazatele patří chlor, sodík, draslík, vápník, hořčík, kovy, síra, kyanidy, organický uhlík, ropné látky, sacharidy, fenoly, tenzidy, fosforečnany, aj. Fyzikálně-chemické parametry jako pH, alkalita, celková tvrdost, vápník, hořčík, dusičnany, aj. mají významnou úlohu při určování kvality vody (Cioroi et Praisler, 2012).

V daných vzorcích studniční vody byl sledován obsah dusitanů, amonných iontů, dusičnanů a chloridů, dále se zjišťovala tvrdost vody a CHSK/Mn (chemická spotřeba kyslíku) (Pelikán, 1983).

2.4.2.1 CHSK/Mn

Chemická spotřeba kyslíku manganometricky (CHSK-Mn) Jedná se o stanovení, které slouží ke zjištění organického znečištění. Indikuje možné znečištění organickými látkami

živočišného nebo rostlinného původu (splachy, zemědělské odpadní vody, uhynulý živočich, povrchová voda). Chemická spotřeba kyslíku je redox titrace, při které jsou organické látky ve vzorku vody oxidovány silným oxidačním činidlem. Jedná se o nespecifický ukazatel související zejména s mírou organického znečištění vody. Manganistanová metoda určení $CHSK_{Mn}$ je používána pro pitné a přírodní vody. Hlavní nevýhodou této metody je, že nedochází ke kvantitativní oxidaci všech organických látek přítomných ve vodě, takže jeho hodnota má spíše informativní charakter o znečištění vody (Michek et Daříčková, 2007).

Princip manganistanové metody spočívá v oxidaci organických látek (ve vzorku vody) manganistanem draselným v kyselém prostředí sírové kyseliny při desetiminutovém varu. Reakce musí probíhat za přebytku manganistanu. Úbytek manganistanu, tj. množství spotřebované na oxidaci organických látek, se zjistí odměrným manganometrickým stanovením - po ukončené oxidaci se do reakčního roztoku přidá známé množství standardního odměrného roztoku kyseliny šťavelové, která se zpětně titruje odměrným roztokem manganistanu draselného. 1 ml odměrného roztoku kyseliny šťavelové odpovídá 0,08mg/l $CHSK_{Mn}$. Mezní hodnota je 3mg/l (Vyhláška č. 187, 2005).

2.4.2.2 Amonné ionty

Přítomnost NH_4^+ je ukazatelem hrubého znečištění vody produkty rozkladu dusíkatých organických látek, hlavně proteinů a močoviny (průsaky z kanalizace, žump, silážních jam, aj.). Obecně mají amonné ionty leptavé účinky (Kožíšek, 2003). V koncentracích ve vodě obvyklých jsou prakticky netoxické, ale mohou snížit účinnost dezinfekce, vést k tvorbě dusitanů v potrubí, nebo být příčinou pachových a chuťových problémů ve vodě. Amonné ionty se stanovují automatizovanou spektrometrickou metodou. Reakcí amonných iontů se salicylanem a chlornanovými ionty v přítomnosti nitrosopentakynoželezitanu sodného vzniká modrá sloučenina. Součástí činidla je citronan sodný, který maskuje rušivé vlivy kationtů, zvláště vápníku a hořčíku. Stanoví se spektrometrickým měřením modré sloučeniny při 655nm (ČSN ISO 7150-1, 1994).

2.4.2.3 Dusitany

Jsou soli kyseliny dusité (obecný vzorec $M^I NO_2$). Patří mezi ostře sledované přídatné látky, co se týče nežádoucích účinků na lidské zdraví. Dusičnany (NO_3^-) se redukuje v zažívacím

traktu člověka na toxické dusitany (NO_2^-). Ty spolu s aminy z potravy tvoří karcinogenní N-nitrosoaminy. U kojenců při vzniku tzv. dusičnanové alimentární methemoglobinaemie reagují dusitany s krevním hemoglobinem na methemoglobin, který není schopen přenášet kyslík. Dusitany jsou obsaženy ve všech typech vod, jejich koncentrace je však malá. Ve vodě vznikají jako přechodný člen při biochemické redukci dusičnanů nebo při oxidaci amoniakálního dusíku (Míček et Daříčková, 2007).

Stanovení dusitanů je nezbytnou součástí rozboru vod. Stanovují se molekulární absorpční spektrometrickou metodou, podle normy ČSN EN 26 777. Dusitany ve vzorku reagují v přítomnosti kyseliny fosforečné s amidem kyseliny sulfanilové za vzniku diazoniové soli. Tato sůl tvoří s dihydrochloridem N-(1-naftyl)-1,2-diaminoetanu růžové barvivo, měří se při 540nm. Měření se provádí na fotometru Helios BETA (Standardní operační postupy, 2012). NHM pro dusitany je podle Vyhlášky 252/2004 je 0,50mg/l (Vyhláška č. 252, 2004).

2.4.2.4 Dusičnany

Hlavním zdrojem dusičnanů v podzemní vodě je půda, kterou voda prosakuje a ze které se mohou dusičnany vyluhovat. Jsou konečným produktem biochemické oxidace organicky vázaného dusíku. Zvýšená koncentrace může být důkazem staršího znečištění organického původu. Pro člověka jsou dusičnany primárně málo závadné. Statisticky je prokázán zvýšený výskyt rakoviny jater, žaludku, tlustého střeva a močového měchýře při zvýšeném obsahu dusičnanů ve vodě. Biovyužitelnost dusičnanů z vody je totiž vyšší než z organických látek (např. zeleniny), kde je částečně blokována vitamínem C. Dusičnanové (i dusitanové a fosforečnanové) ionty mají, při vyšším obsahu v podzemních vodách, původ v organických dusíkatých látkách, v odpadech chemického průmyslu nebo v umělých hnojivech. V hydrogeologicky významných oblastech je obsah dusičnanů v podzemních vodách sledován v návaznosti na množství hnojiv a dobu aplikace (Pelikán, 1983).

Dusičnany se stanovují ve všech typech vod. Pro stanovení se používá různých modifikací spektrofotometrie, v našem případě jde o spektrofotometrickou metodu s kyselinou sulfosalicylovou. Podstatou zkoušky je spektrofotometrické měření žluté sloučeniny, která vzniká reakcí kyseliny sulfosalicylové s dusičnany a následující alkalizací. K odstranění rušivého vlivu dusitanů se přidává azid sodný. Aby se zabránilo srážení vápenatých a hořečnatých solí, přidává se disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové. Měření se pro-

vádí na fotometru HELIOS BETA při 415nm v 1cm skleněných kyvetách proti DEMI vodě. Metoda je popsána v ČSN ISO 7890-3. NMH podle vyhlášky 252/2004 je 50mg/l (Vyhláška č. 252, 2004). Novou metodou stanovení dusičnanů a dusitanů je elektrochemická metoda. Pro rychlou amperometrickou detekci dusičnanů a dusitanů byly sestaveny platinové elektrody s membránou acetátu celulózy. Na rozdíl od kolometrického stanovení se při této metodě nepoužívají karcinogenní činidla (Badea et al., 2001).

2.4.2.5 Chloridy

Chloridové ionty se vyskytují téměř ve všech typech vod. Nejsou zdraví škodlivé, ale mohou být průvodním jevem fekálního (spláskové vody) nebo průmyslového znečištění podzemních vod (Pelikán, 1983). Mezní hodnota obsahu chloridů je 100mg/l. Je-li jejich obsah zvýšen vlivem geologického podloží, je možné tolerovat až 250mg/l. Chloridy jsou běžnou součástí přírodních vod. K nárůstu jejich obsahu ve vodách může docházet i při vodárenské úpravě. Obecně lze o chloridech říci, že většina rostlin i živočichů je k jejich vyšším koncentracím značně tolerantní. Po překročení meze dochází k úhynům rostlin z důvodu vysoké salinity (solnosti). Příkladem je např. solení povrchu vozovek. Chlorid sodný, který se k tomuto účelu používá se časem z vozovky smyje do okolní půdy, kde zvýší její salinitu. Vyšší koncentrace chloridů ovlivňuje nepříznivě chuť a korozní schopnost vody, často je také spojen s vyšším obsahem sodíku (solení silnic), který může být rizikem pro nemocné se sodíkovou dietou a jeho dlouhodobý zvýšený příjem vede ke zvýšenému krevnímu tlaku. Toxikologické vlastnosti běžně se vyskytujících chloridů nejsou významné. Mezi chloridy ale patří i velmi toxické látky, například chlorid kademnatý. Za toxicitu je však odpovědné kadmium, nikoli chloridový anion. Podobná situace je u dalších toxických chloridů. Toxicita takových látek je významná zejména proto, že chloridy jsou většinou rozpustné ve vodě, což je začátek pro možnou expozici a šíření (Pitter, 1999). V přímořských státech může být za zvýšenou koncentrací chloridů ve vodě zodpovědná mořská voda, která „kontaminuje“ vodu podzemní (Aris et al., 2012).

Ke kvalitativnímu důkazu přítomnosti chloridů se využívá reakce s dusičnanem stříbrným, vyloučí-li se bílá sraženina, jsou přítomné chloridy. Pro kvantitativní stanovení chloridu se užívá potenciometrické stanovení iontově selektivní elektrodou (ISE), nebo je možné použít například iontovou chromatografii (Pitter, 1999).

2.4.2.6 Tvrdość vody

Tvrdość vody vyjadřuje obsah minerálů rozpuštěných ve vodě. Tvrdość vody má význam pro její využití jako pitné i užitkové vody. Tím, že voda obsahuje hydrogenuhličitan, dochází při zahřívání k odstranění CO₂ a změně hydrogenuhličitanu na uhličitan vápenatý, který se vysráží ve formě vodního kamene na stěnách varných nádob, trubek i bojlerů. Tvoří také nepříjemné skvrny na povrchu kávy nebo čaje. Ze zdravotního hlediska není tento jev nebezpečný, ale ovlivňuje chuťové vlastnosti vody. Trvalá tvrdość vody je způsobena rozpuštěnými chloridy, sulfidy, nitráty, a silikáty. Přechodnou tvrdość vody lze odstranit varem (Kožíšek, 2003).

Stupnice tvrdosti vody:

- velmi měkká voda 0 - 0,7 mmol/l
- měkká voda 0,7 - 1,3 mmol/l
- středně tvrdá voda 1,3 - 2,1 mmol/l
- dosti tvrdá voda: 2,1 - 3,2 mmol/l
- tvrdá voda 3,2 - 5,3 mmol/l
- velmi tvrdá voda > 5,2 mmol/l

Vápník

Vápník se dostává do podzemních vod rozpouštěním minerálů z horninového podloží. Je důležitý pro chuťové vlastnosti vody a spoluurčuje stupeň tvrdosti vody. Optimální obsah vápníku v pitné vodě je nad 100mg/l, minimum je 30mg/l. Nedodržení těchto hodnot nepředstavuje přímé zdravotní riziko, avšak v oblastech s měkkou pitnou vodou byl opakovaně prokázán vyšší výskyt srdečně-cévních onemocnění. Měkká voda s nízkým obsahem vápníku a hořčíku má též tendenci ke korozi materiálů a může pak obsahovat více toxických kovů (Kožíšek, 2003).

Hořčík

Hořčík se dostává do podzemních vod rozpouštěním minerálů z horninového podloží. Ovlivňuje chuťové vlastnosti vody a spoluurčuje stupeň tvrdosti vody. Optimální obsah hořčíku v pitné vodě je nad 30mg/l, minimum je 10mg/l (Kožíšek, 2003). Vápník i hořčík jsou prvky ve vodě žádoucí s pozitivním vlivem na srdečně-cévní systém a působící, při optimální koncentraci, preventivně proti vzniku některých chorob.

Pro stanovení vápníku a hořčíku se používá odměrná metoda s EDTA a dopočet hořčíku podle norem ČSN ISO 6059 a ČSN ISO 6058. Celková tvrdost se stanovuje komplexometrickou titrací sumy vápníku a hořčíku vodným roztokem disodné soli EDTA při pH 10. Jako indikátor se používá sodná sůl erichromčerně T, která v přítomnosti vápenatých nebo hořečnatých iontů dává červené nebo fialové zbarvení. Obsah vápníku se stanovuje komplexometrickou titrací vápenaté tvrdosti vodným roztokem disodné soli EDTA při pH 12 až 13. Jako indikátor se používá HSN, který tvoří s vápníkem červený komplex. Obsah hořčíku se zjistí výpočtem provedeným z rozdílů molárních koncentrací celkové a vápenaté tvrdosti a následným přepočtem na obsah hořčíku (Standardní operační postupy, 2012). Novější metodou pro simultánní spektrofotometrické stanovení vápníku a hořčíku je jejich stanovení na základě formování komplexů s 4-(2-pyridylazo)resorcinolem. Tato metoda je jednoduchá a rychlá, byla úspěšně použita pro analýzu různých typů vod (Gomez et al., 1991). Doporučená hodnota tvrdosti vody je 2 – 3,5mmol/l vody (Vyhláška č. 252, 2004).

2.4.2.7 Ostatní látky ve vodě

Železo

V malých koncentracích je železo běžnou součástí vod. V povrchových vodách se vyskytuje obvykle v setinách až desetínách mg/l. V podzemních vodách neobsahujících rozpuštěný kyslík se může vyskytovat rozpuštěné železo v oxidačním stupni II v koncentracích i desítek mg/l. Charakteristickým rysem zvýšeného obsahu železa ve vodě je rezavý zákal a sediment, který se může projevit až po delší době, zejména po ohřevu. Mezní hodnota železa ve vodě je 0,20mg/l (Vyhláška č. 252, 2004). Bakterie rodu *Gallionella* oxidující železo a mangan lze použít jakou součást vodního filtru (Qin, et al., 2009).

Mangan

Mangan a jeho sloučeniny se projevují „mastnými“ skvrnami na povrchu vody, vodu nelze používat ani pro užitkové účely. Mangan tvoří obtížně odstranitelné skvrny při praní prádla. Působí také technologické potíže v podobě usazenin a zarůstání potrubí manganovými bakteriemi. Ačkoliv mají lidé relativně vysokou toleranci k manganu, podle směrnice EU je přípustná koncentrace 0,05mg/l (Koc et al., 2010). Se zdravotním rizikem může být spojeno až dlouhodobé překročení nejvyšší mezní hodnoty 0,5mg/l.

Chlor

Chlor patří k nejčastějším desinfekčním prostředkům, vyznačuje se značnou rozpustností ve vodě. Pojmem aktivní chlor rozumíme všechny formy chloru, které se v kyselém prostředí oxidují jodidy na elementární chlor. Mezní hodnota chloru ve vodě je 0,3mg/l.

Sodík a draslík

Tyto prvky jsou běžnou součástí všech přírodních vod; obsah sodíku většinou převládá nad obsahem draslíku. Nejsou hygienicky významné, proto jejich stanovení není nutnou součástí rozboru vody.

Hliník

Hliník je jedním z nejvíce reaktivních kovů, rychle koroduje v silných kyselých nebo alkalických roztocích (Czech et Troczynski, 2010). Ve vodě se v rozpuštěné formě hliník vyskytuje v podobě jednoduchého hydratovaného kationu Al^{3+} , podobě hydrokomplexů a síranových komplexů. Jinou formou hliníku ve vodě je hydratovaný oxid hlinitý, který je přítomen v koloidní formě. K analýze stopových prvků, včetně hliníkových se používá atomová absorpční spektrofotometrie, protože dříve používaná kapilární elektroforéza má nízkou citlivost (Ham, 2007).

Měď

Ve vodě je přítomna v rozpuštěné (Cu^{2+} , komplexní sloučeniny) i nerozpuštěné (sulfidy, uhličitany, hydroxidy) formě.

Zinek

Zinek patří k důležitým mikrobiogenním prvkům. Ve vodách je zastoupený ve formě rozpuštěné (Zn^{2+} , komplexy) i nerozpuštěné (hydroxidy, sulfidy, uhličitany).

Fluoridy

Fluoridy se dostávají do vody z geologických vrstev zvětráním nerostů a vyluhováním z půdy. Vyskytují se ve všech podzemních i povrchových vodách, jejich obsah však bývá malý (Kožíšek, 2003). Koncentrace fluoridů ve vodách je limitována rozpustností fluoridu vápenatého a hořečnatého. U vod používaných k pitným účelům má obsah fluoridů význam zejména ze stomatologického hlediska (Votava et al., 2003). Fluoridy ve vzorku se stanoví kapalinovou chromatografií s UV detekcí při vlnové délce 266nm.

Ve vodách se dále stanovují sírany, siřičitany, fosforečnany, oxid uhličitý, fenoly, ropné látky, sacharidy, síra, formaldehyd, kyanidy a další látky. Ke stanovení většiny těchto látek se používají fotometrické, polarografické, chromatografické nebo odměrné metody.

Radon

Není součástí běžného rozboru a jeho stanovení provádějí jen některé specializované laboratoře. Radon je přírodní radioaktivní plyn bez barvy, chuti a zápachu. Je rozpustný ve vodě a dobře se z ní uvolňuje při sprchování, koupání, splachování, mytí nádobí apod. Radon sám není nebezpečný, ale jeho rozpadové produkty mohou ve vysokých koncentracích svým zářením při dlouhé expozici způsobit rakovinu, nejčastěji plic (Kožíšek, 2003).

2.5 Desinfekce a čištění studní

Každá voda je slabým roztokem různých solí, plynů a organických látek. Nejčastějšími problémy studničních vod ze zdravotního hlediska jsou dva - bakteriální zavadnost a nadlimitní koncentrace dusičnanů. Odhaduje se, že v naší republice je víc než 70% zdravotně zavadných studní (Kožíšek, 2003). Studny mají být situovány nejméně 10–15m od znečišťujících zdrojů (hnojiště, žumpy, povrchová voda). Dojde-li ke znečištění mikrobiální kontaminací při opravě nebo jarním tání a záplavách, je nutno vodu dezinfikovat chlorovými či oligodynamickými přípravky. Podzemní voda často vykazuje vysoký obsah oxidu uhličitého, je sice zdravotně nezávadný, ale silně narušuje železné součásti studny a pojivo zdiva. Železo a mangan vytváří sedliny, které mohou ucpávat potrubí. Obsah železa i manganu lze odstranit filtrací (Hanousek, 2005).

2.5.1 Péče o studny

Každá stavba potřebuje pravidelnou údržbu a o studni to platí dvojnásob. 2 – 4krát ročně je nutné zkontrolovat nejen technické zařízení studny, ale především vodotěsnost krytu. Kryt by měl být uzamčen a bránit vniknutí nejen vody, ale i různých živočichů. Jednou za několik let je vhodné studnu celou vyčerpát a vyčistit, což je však možné jen u šachtových studní (Zelinka, 2003). Studna musí být zabezpečena proti vniku jakéhokoliv organického předmětu (myši, listí, tráva, slimáci..). To jsou zdroje zdravotní zavadnosti vody, protože se ve vodě rozkládají. Kontrolu konstrukce studny, jejího zabezpečení a čištění by měly provádět odborné firmy. O měření kvality a o nezávadnost vody ve studni by se majitel měl

zajímat minimálně jednou za rok. Ale vždy po přívalových deštích, potopách, narušení konstrukce studny apod. (Vyhláška č. 252, 2004).

2.5.2 Čištění studny

Čištění se řídí daným technologickým postupem, který se u firem provádějících tuto činnost velmi neliší:

- odčerpání celého objemu studny
- odstranění dnových kalů
- očištění dna od mechanických nečistot
- očištění stěn vysokým tlakem vody
- odstranění starého podsypového filtru
- obnova kameninového dna
- dezinfekce vnitřních stěn studny

Vedle popsaného mechanického způsobu čištění lze použít i chemický způsob, využívající chemických látek (např. potravinářských kyselin) k rozpouštění tvrdých vysrážených chemických sloučenin, které mechanicky odstranit nelze. Toto čištění může provádět jen firma s potřebným povolením. Aplikované chemikálie musí mít atest hlavního hygienika ČR (Zelinka, 2003). Z preventivních důvodů je vhodné vodu ve studni dezinfikovat po každém zásahu do studny, při kterém mohlo dojít k znečištění, ale hlavní význam má dezinfekce v případě, že rozbor skutečně ukázal mikrobiologickou závadnost vody.

2.5.3 Dezinfekce studny

Pokud rozbor vody prokáže mikrobiální závadnost vody, je na místě vyšetřit její příčinu a provést dezinfekci studny. Pokud je však kontaminace vody způsobena znečištěním podzemní vody zásobující studnu (blízkost septiků, žumpy apod.), nárazová jednorázová dezinfekce problém neodstraní. Pokud nelze zdroj mikrobiální kontaminace odstranit, nezbývá než vodu k pití nepoužívat nebo ji upravovat tj. dezinfikovat průběžně (Kožíšek, 2003).

Přípravky vhodné k dezinfekci vody jsou např. SAVO - čirá žlutozelená samovolně se rozkládající kapalina. Dávka přípravku doporučená výrobcem k dezinfekci je uvedena na oba-

lu přípravku. SAGEN - bílý krystalický prášek, ve vodě téměř nerozpustný (vzniká bílý zákal, který po čase zřívá). Jako účinnou látku obsahuje min. 0,8% stříbra (Chlupáčová, 2007).

Tabulka 1.: Nejmenší doporučená vzdálenost od zdrojů znečištění (Zelinka, 2003)

| Zdroje možného znečištění | prostředí | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|
| | málo propustné | propustné |
| žumpy, septiky, kanalizační přípojky | 10m | 30m |
| nádrže tekutých paliv | 10m | 50m |
| chlévy, močůvkové jímky, hnojiště | 10m | 30m |
| umývací plochy motor. vozidel vč. odtokových potrubí, veřejné komunikace, silniční příkopy | 10m | 50m |
| nádrže tekutých paliv pro individuální vytápění umístěné mimo budovu | 20m | 50m |
| stoky veřejné kanalizace | 20m | 100m |
| hřbitovy, kafilérie, polní sklady hnoje (jen při vhodném sklonu hladiny podzemní vody) | 30m | 100m |
| hromadné ustájení hospodářských zvířat, včetně hnojišť a močůvkových jímek | 50m | 200m |

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 Sběr dat

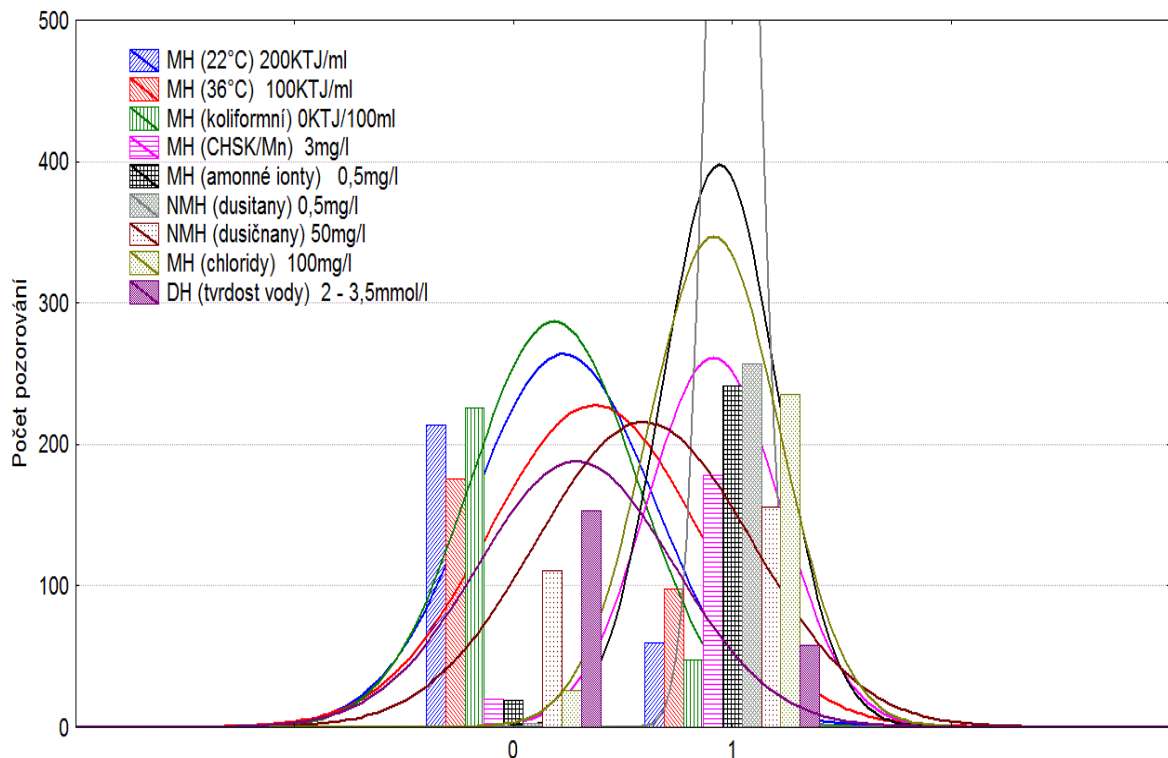
Praktická část práce je zaměřena na sledování a vyhodnocení výsledků rozborů studniční vody. Jsou sledována data z laboratoře Vodovodů a kanalizací v Kroměříži. K dispozici je souhrn výsledků z let 2006 až 2011, celkem 287 vzorků vody. U těchto vzorků se prováděl jak mikrobiologický tak i chemický rozbor. U některých vzorků byly zadány ke sledování jen vybrané ukazatele, podle přání zákazníka. Základní sledované ukazatele jsou: mikroorganismy kultivovatelné při 22°C (MH 22°C 200KTJ/ml), mikroorganismy kultivovatelné při 36°C (MH 36°C 100KTJ/ml), koliformní bakterie (MH koliformní 0KTJ/ml), chemická spotřeba kyslíku (MH CHSK/Mn 3mg/l), amonné ionty (MH amonné ionty 0,5mg/l), dusitany (NMH dusitany 0,5mg/l, dusičnany (NMH dusičnany 50mg/l), chloridy (MH chloridy 100mg/l) a celková tvrdost vody (DH tvrdost vody 2 – 3,5mmol/l).

3.2 Matematicko statistické vyhodnocení

Ke každému ukazateli je sestaven graf, který ukazuje vliv doby odběru (čtvrtletí) na počet stanovení i na výsledky. Čtvrtletí je bráno jako 1. - 3. měsíc, 4. - 6. měsíc, 7. - 9. měsíc a 10. - 12. měsíc. Stejný typ grafu je sestaven i pro závislost počtu stanovení a výsledků na konkrétním roce odběru. Dále je k jednotlivým ukazatelům vytvořena tabulka se statistickým vyhodnocením dat pomocí χ -kvadrátu. Test dobré shody je metodou matematické statistiky, která umožňuje ověřit, zda má náhodná veličina určité předem dané rozdělení pravděpodobnosti. Takové rozdělení může být dáno včetně parametrů, nebo s neznámými parametry. Test se mimo jiné často používá pro ověřování hypotéz v kontingenční tabulce. Předpoklady: Necht' výsledky pozorování jsou roztrženy do k skupin a v každé skupině je zjištěna skupinová četnost n_{ej} (četnosti experimentální). Uvažujme určité rozdělení, které považujeme za model pro náš výběr. Pro každou třídu určíme teoretické, modelové a očekávané četnosti n_{oj} ($j = 1, \dots, k$). Testovací kritérium:
$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(n_{ej} - n_{oj})^2}{n_{oj}}$$

V grafu 1 je zobrazen souhrnný graf popisující všechny hodnoty. Graf je uveden pro celkovou přehlednost, jednotlivé parametry budou dále rozvedeny.

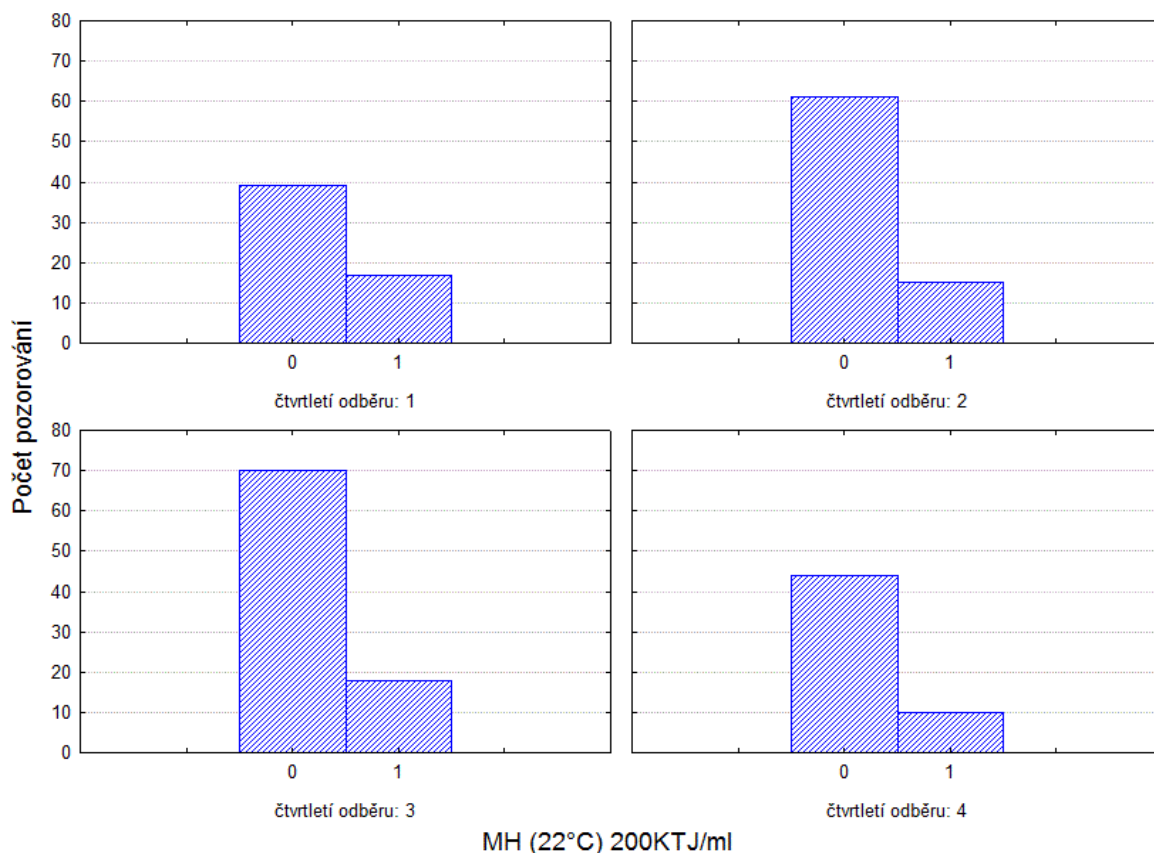
Graf 1 Souhrnný graf



3.3 Mikroorganismy kultivovatelné při 22°C

Výskyt psychrofilních organotrofních bakterií nejlépe udává stav mikrobiálního oživení vody, které je závislé na přítomnosti rychle využitelných organických látek. V grafu 2 je uveden počet stanovení mikroorganismů, které rostou při 22°C v závislosti na čtvrtletí. Celkem bylo provedeno 274 pozorování, z toho vyhovujících bylo 60, nevyhovujících 214. Z grafu je patrné, že v jarních a letních měsících roku je větší zájem o rozbor vody ze studní (164 stanovení) než v chladnějších měsících (110 stanovení). Zároveň je v teplejších měsících výskyt psychrofilních mikroorganismů vyšší (za druhé a třetí čtvrtletí bylo 131 vzorků nevyhovujících), což lze přikládat příznivějším podmínkám pro jejich růst. Tento rozdíl však není statisticky průkazný podle výsledku χ kvadrátu jak je uvedeno v tabulce 2.

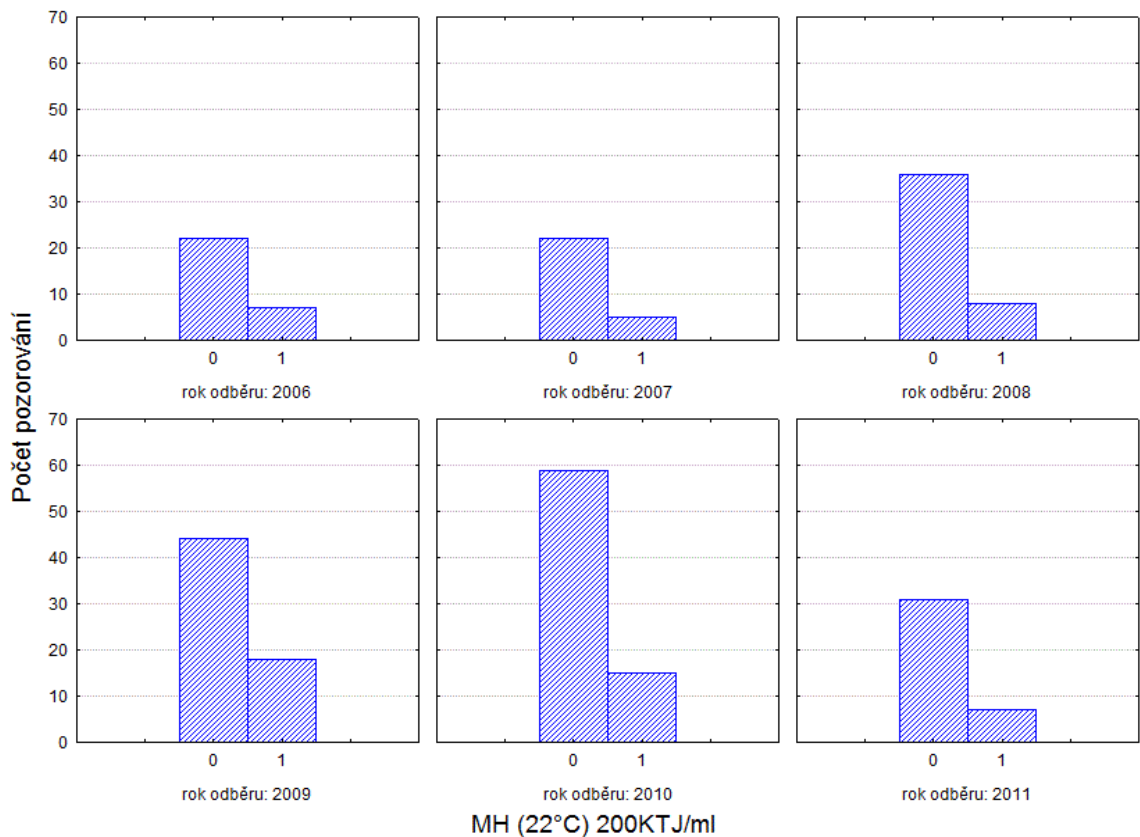
Graf 2 Počet MH (22°C) 200KTJ/ml v jednotlivých čtvrtletích

Tabulka 2.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (22°C) 200KTJ/ml dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 39,00 | 17,00 | 43,74 | 12,26 |
| 2 | 61,00 | 15,00 | 59,36 | 16,64 |
| 3 | 70,00 | 18,00 | 68,73 | 19,27 |
| 4 | 44,00 | 10,00 | 42,18 | 11,82 |
| 0,126 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,649 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,743 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,548 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,389 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

Graf 3 popisuje vliv počtu stanovení psychrofilních bakterií na rok odběru. Vzhledem k tomu, že se počet stanovení zvyšuje (v roce 2006 bylo 29, ale v roce 2011 již 39 stanovení), je možné usoudit, že obyvatelé se vracejí k zásobování z individuálních zdrojů vody, více se o studny starají a zajímají se o kvalitu jejich vody. Pomocí statistického vyhodnocení dat pomocí χ kvadrátu lze říct, že rok odběru neovlivňuje rozdíl v počtech příkladů.

Graf 3 Počet MH (22°C) 200KTJ/ml v jednotlivých letech

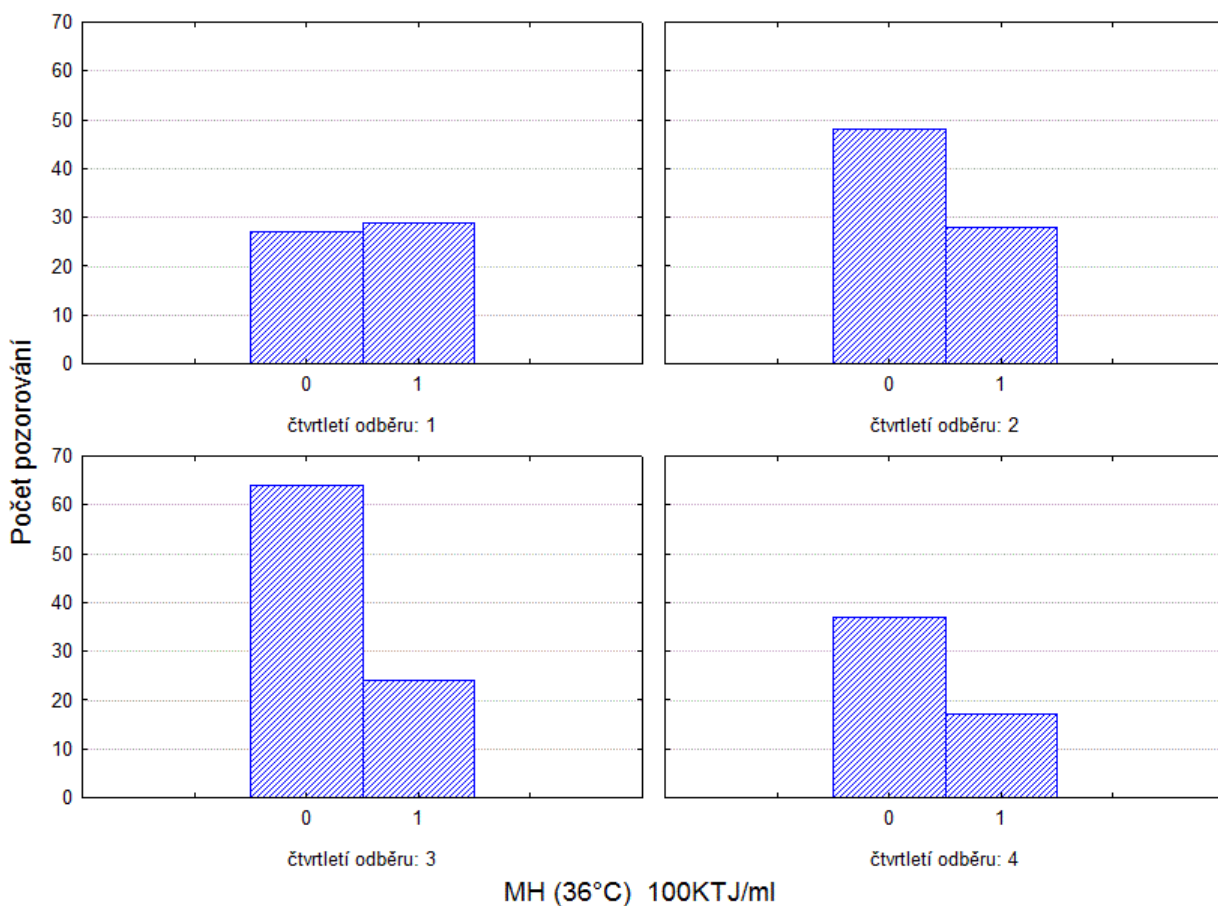
Tabulka 3.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (22°C) 200KTJ/ml dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 22,00 | 7,00 | 22,65 | 6,35 |
| 2007 | 22,00 | 5,00 | 21,09 | 5,91 |
| 2008 | 36,00 | 8,00 | 34,36 | 9,64 |
| 2009 | 44,00 | 18,00 | 48,42 | 13,58 |
| 2010 | 59,00 | 15,00 | 57,80 | 16,20 |
| 2011 | 31,00 | 7,00 | 29,68 | 8,32 |
| 0,771 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,671 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,551 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,174 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,735 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,604 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,723 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.4 Mikroorganismy kultivovatelné při 36°C

Mikroorganismy rostoucí při teplotě 36°C mají větší hygienický význam. Ve vodě většinou přežívají obtížně a jen krátkou dobu. Nejčastěji se jedná o mikroflóru pocházející z různých cizorodých zdrojů znečištění. Graf 4 ukazuje závislost počtu pozorování v závislosti na jednotlivých čtvrtletích. Celkem bylo sledováno 274 vzorků vody, z toho největší zájem o rozbor vody je ve druhém a třetím čtvrtletí. Z celkového počtu pozorování bylo odpovídajících vyhláše 98, nevyhovujících bylo potom 176 stanoveních. Ve druhém a třetím čtvrtletí je patrný vyšší výskyt mezofilních mikroorganismů, což může být dáno příznivějšími klimatickými podmínkami pro jejich růst. Jediným obdobím kdy počet vyhovujících vzorků byl vyšší než počet nevyhovujících je v prvním čtvrtletí (vyhovujících 29, nevyhovujících 27 pozorování). V tabulce 4 je zaznamenáno statistické hodnocení pomocí χ kvadrátu, kdy bylo zjištěno, že existuje průkazný rozdíl v počtech pozitivních a negativních výsledků mezi jednotlivými čtvrtletími. Konkrétně se jedná o první čtvrtletí a rozdíl je také v případě všech čtvrtletí.

Graf 4 Počet MH (36°C) 100KTJ/ml v jednotlivých čtvrtletích



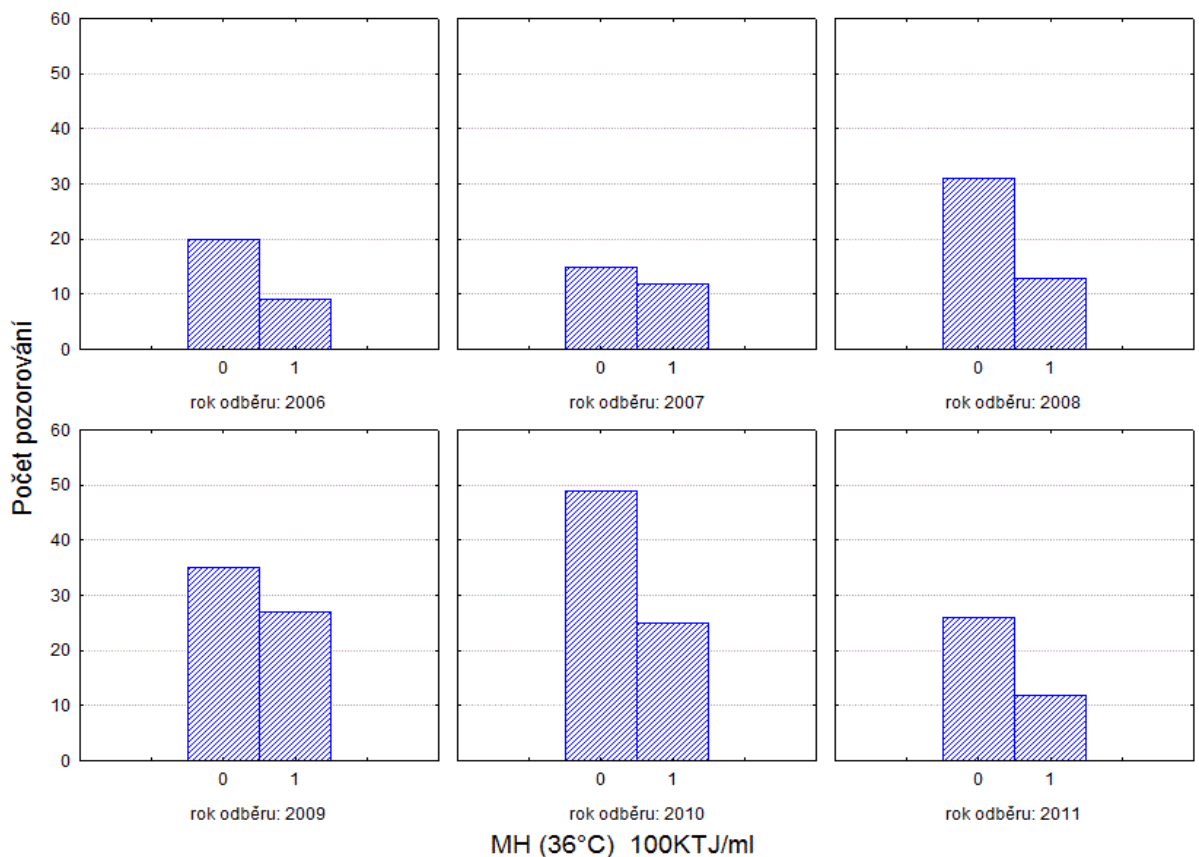
Tabulka 4.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (36°C) 100KTJ/ml dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|---------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 27,00 | 29,00 | 35,97 | 20,03 |
| 2 | 48,00 | 28,00 | 48,82 | 27,18 |
| 3 | 64,00 | 24,00 | 56,53 | 31,47 |
| 4 | 37,00 | 17,00 | 34,69 | 19,31 |

| | |
|--------------|------------------------------------------|
| 0,012 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí |
| 0,845 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí |
| 0,096 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí |
| 0,511 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí |
| 0,023 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí |

Graf 5 znázorňuje vliv roku odběru na počet pozorování výskytu mezofilních mikroorganismů. Stejně jako u psychrofilních mikroorganismů se počet stanovení rok od roku zvyšuje. Největší počet stanovení byl zaznamenán v roce 2010 (74 stanovení), naopak nejmenší v roce 2007 (27 stanovení). Na základě statistického hodnocení pomocí χ kvadrátu lze říci, že průkazný rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn.

Graf 5 Počet MH (36°C) 100KTJ/ml v jednotlivých letech



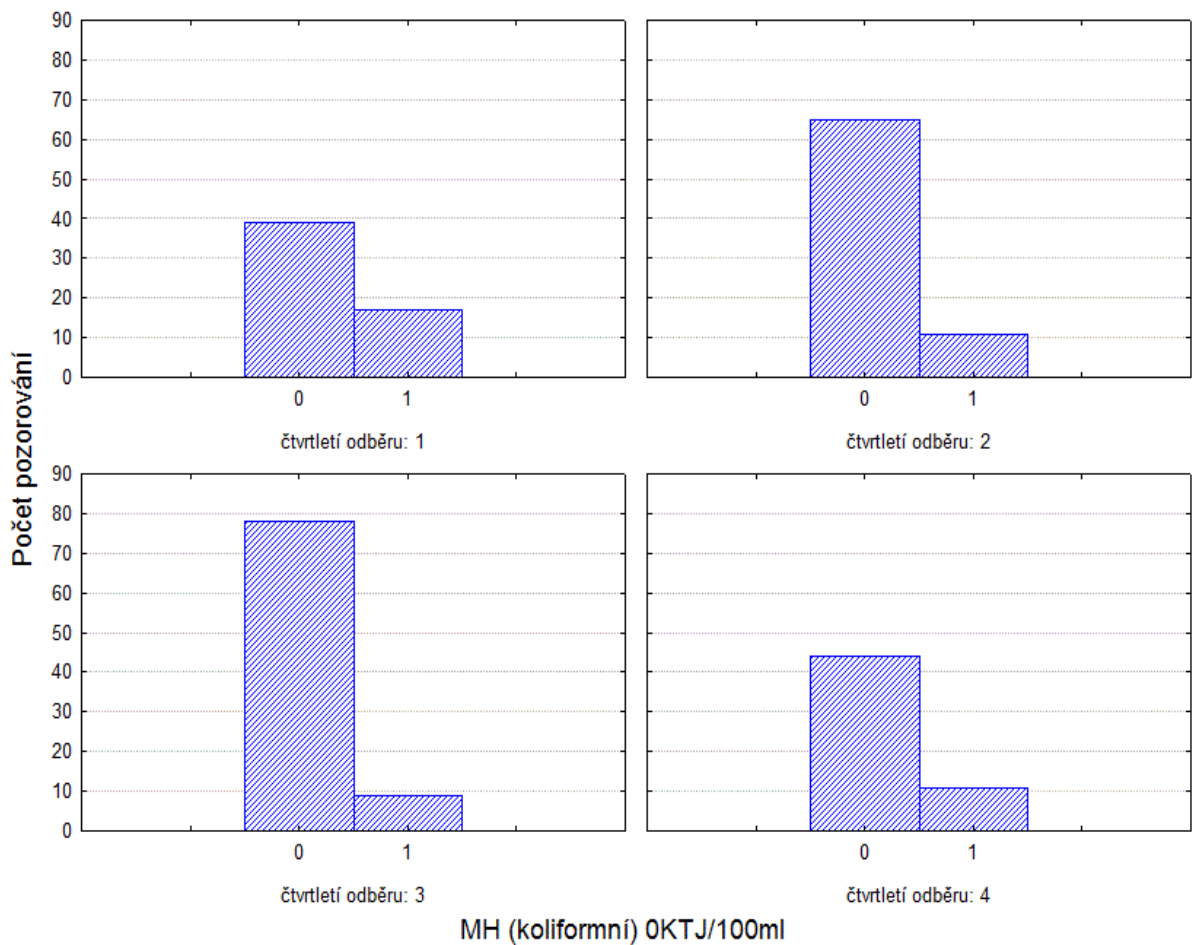
Tabulka 5.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (36°C) 100KTJ/ml dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 20,00 | 9,00 | 18,63 | 10,37 |
| 2007 | 15,00 | 12,00 | 17,34 | 9,66 |
| 2008 | 31,00 | 13,00 | 28,26 | 15,74 |
| 2009 | 35,00 | 27,00 | 39,82 | 22,18 |
| 2010 | 49,00 | 25,00 | 47,53 | 26,47 |
| 2011 | 26,00 | 12,00 | 24,41 | 13,59 |
| 0,595 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,347 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,389 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,201 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,722 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,590 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,555 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.5 Koliformní bakterie

Stanovení výskytu koliformních bakterií je považováno za jedno z nejdůležitějších kritérií čistoty vody z hygienického hlediska. Počet pozorování výskytu koliformních bakterií ve studniční vodě v závislosti na čtvrtletí odběru udává graf 6. Koliformní bakterie jsou jedním z nejdůležitějších ukazatelů kvality vody. Množství stanovení je téměř stejné ve druhém a třetím čtvrtletí, zatímco v prvním a čtvrtém čtvrtletí klesá. To může být dáno větší potřebou používat vodu ze studní v jarních a letních měsících, např. k zálivce na zahradách, napouštění bazénů, apod. Z výsledků rozborů je vidět, že voda v soukromých studnách stále ještě není příliš kvalitní, a tedy vhodná pro každodenní použití v domácnosti. Ze statistického výpočtu pomocí χ kvadrátu bylo zjištěno, že průkazný rozdíl v počtech příkladů byl ovlivněn prvním čtvrtletím.

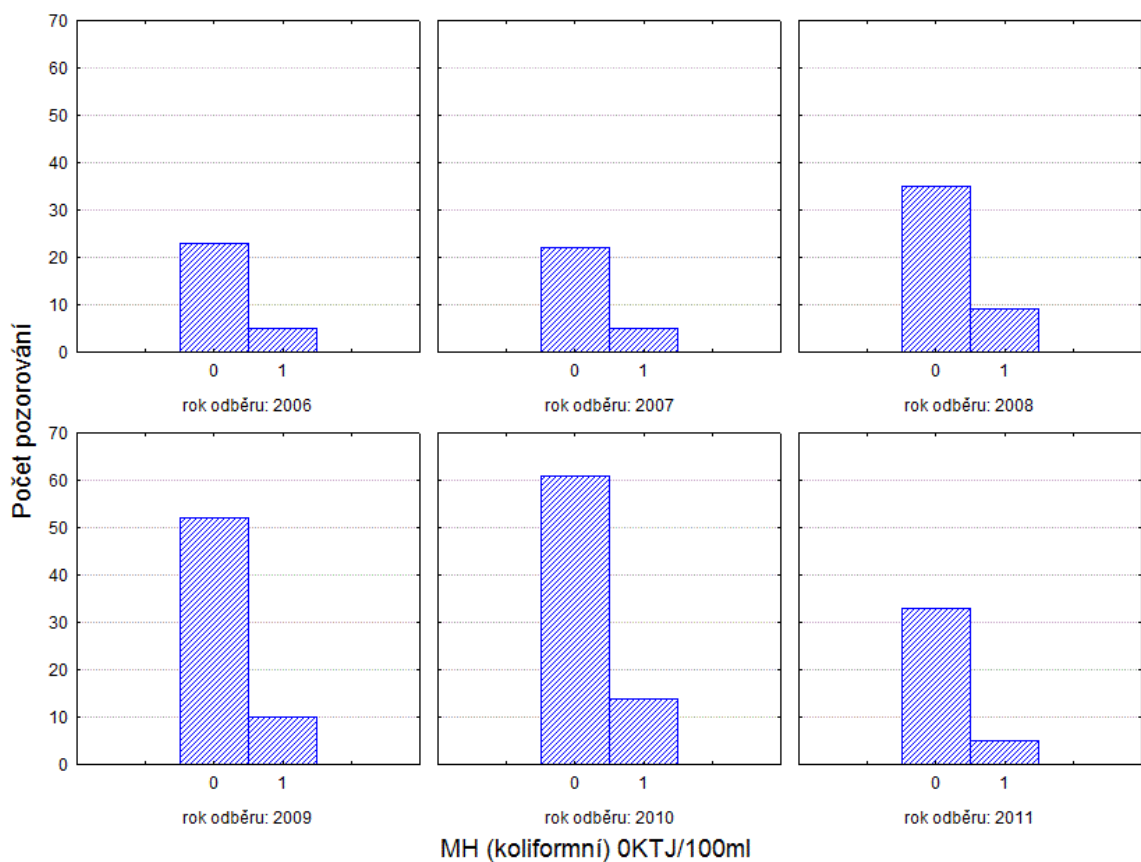
Graf 6 Počet MH (koliformní) OKTJ/100ml v jednotlivých čtvrtletích

Tabulka 6.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (koliformní) OKTJ/100 ml dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 39,00 | 17,00 | 46,19 | 9,81 |
| 2 | 65,00 | 11,00 | 62,69 | 13,31 |
| 3 | 78,00 | 9,00 | 71,76 | 15,24 |
| 4 | 44,00 | 11,00 | 45,36 | 9,64 |
| 0,011 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,485 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,078 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,628 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,017 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

Graf 7 ukazuje vliv roku odběru na počet stanovení koliformních bakterií. Nejvíce stanovení bylo provedeno v roce 2010 (75 stanovení), nejméně v roce 2007 (27 stanovení). Nárůst počtu pozorování lze zdůvodnit stále větším využíváním individuálních zdrojů zásobování. Lze pozorovat, že kvalita studniční vody je z hygienického hlediska stále nedostačující. Z 274 sledovaných pozorování bylo 226 nevyhovujících vyhlášce, a jen 48 výsledků splňovalo podmínky vyhlášky. Podle statistického vyhodnocení pomocí χ kvadrátu v tabulce 7 bylo prokázáno, že rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn rokem odběru.

Graf 7 Počet MH (koliformní) OKTJ/100ml v jednotlivých letech



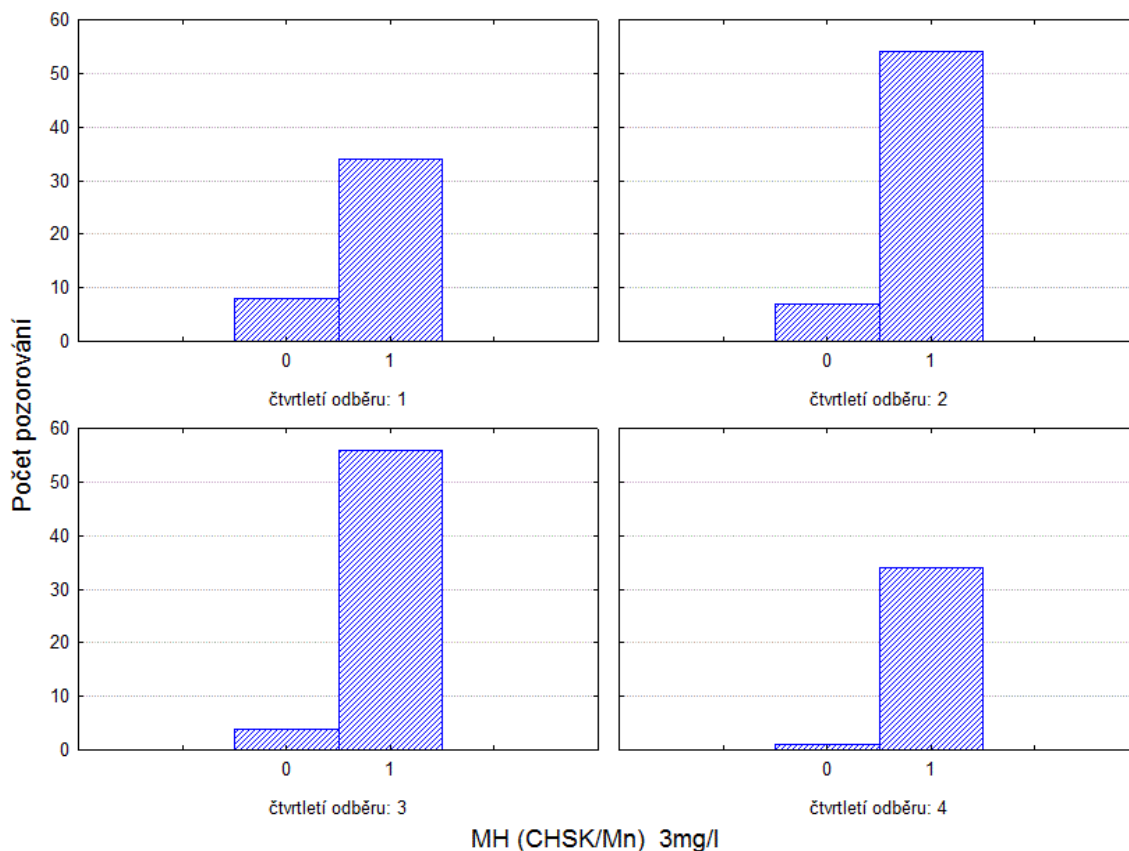
Tabulka 7.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (koliformní) OKTJ/100 ml dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 23,00 | 5,00 | 23,09 | 4,91 |
| 2007 | 22,00 | 5,00 | 22,27 | 4,73 |
| 2008 | 35,00 | 9,00 | 36,29 | 7,71 |
| 2009 | 52,00 | 10,00 | 51,14 | 10,86 |
| 2010 | 61,00 | 14,00 | 61,86 | 13,14 |
| 2011 | 33,00 | 5,00 | 31,34 | 6,66 |
| 0,962 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,891 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,608 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,774 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,794 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,479 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,968 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.6 CHSK/Mn

Chemická spotřeba kyslíku je ukazatel, který souvisí s mírou organického znečištění vody. Graf 8 popisuje závislost čtvrtletí, ve kterém došlo k odběru, na počtu pozorování. Celkově bylo vyšetření provedeno u 198 vzorků vody, z toho vyhovujících bylo 178 vzorků, nevyhovujících 20 vzorků. Větší množství rozborů bylo prováděno ve druhém a třetím čtvrtletí. Ve čtvrtém čtvrtletí (zimní měsíce) byl ze 35 vzorků nevyhovující pouze jeden. To může být způsobeno vlivem teploty prostředí na faktory ovlivňující organickou kontaminaci vody. Ze statistického výpočtu pomocí χ kvadrátu je patrné, že průkazný rozdíl v počtu příkladů není ovlivněn čtvrtletím odběru.

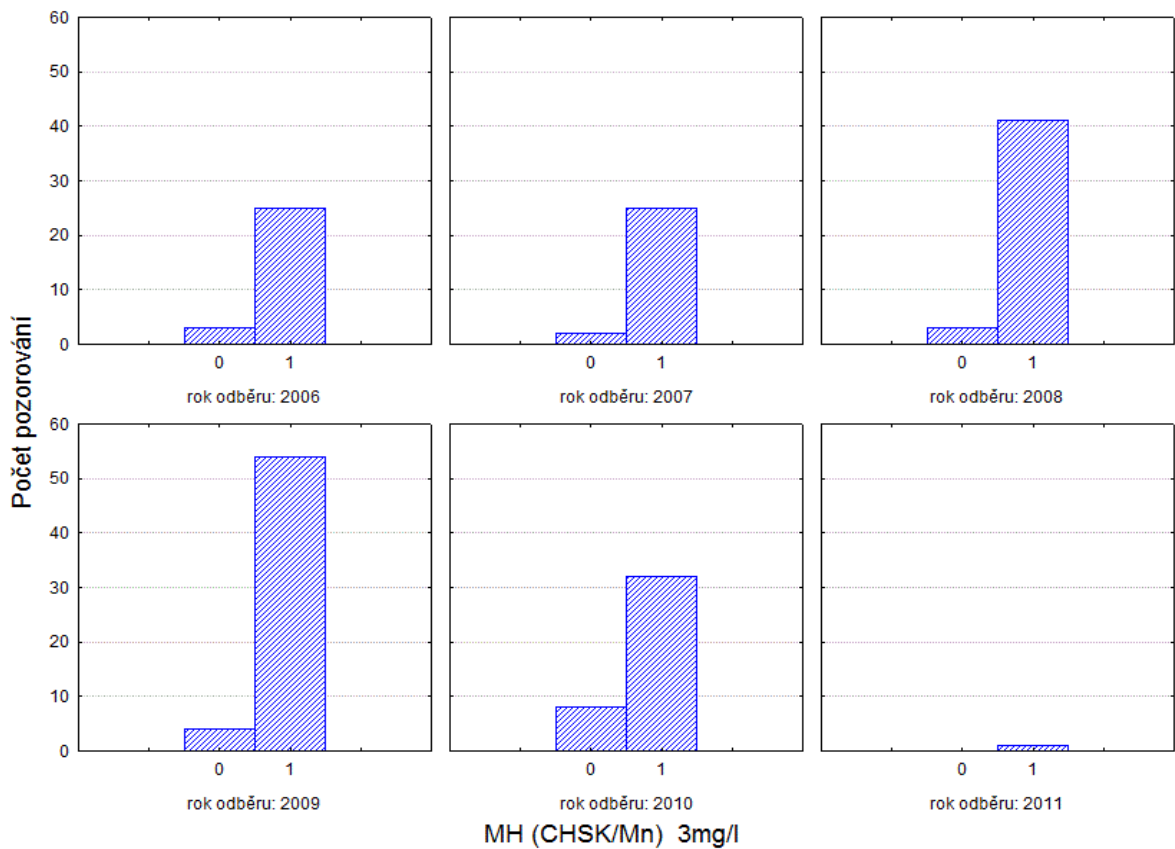
Graf 8 Počet MH (CHSK/Mn) 3mg/l v jednotlivých čtvrtletích

Tabulka 8.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (CHSK/Mn) 3mg/l dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 8,00 | 34,00 | 4,24 | 37,76 |
| 2 | 7,00 | 54,00 | 6,16 | 54,84 |
| 3 | 4,00 | 56,00 | 6,06 | 53,94 |
| 4 | 1,00 | 34,00 | 3,54 | 31,46 |
| 0,054 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,722 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,377 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,155 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,085 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

V grafu 9 jsou uvedeny počty pozorování za jednotlivé roky (2006 - 2011). Nejvíce pozorování bylo provedeno v letech 2008 a 2009, ze 198 vzorků studniční vody vyhovovalo 178 vzorků, nevyhovovalo 20 vzorků. Vzhledem k získaným výsledkům lze říci, že organické znečištění vody v místních studních je nízké. Stanovením pomocí χ kvadrátu bylo zjištěno, že rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn rokem odběru.

Graf 9 Počet MH (CHSK/Mn) 3mg/l v jednotlivých letech

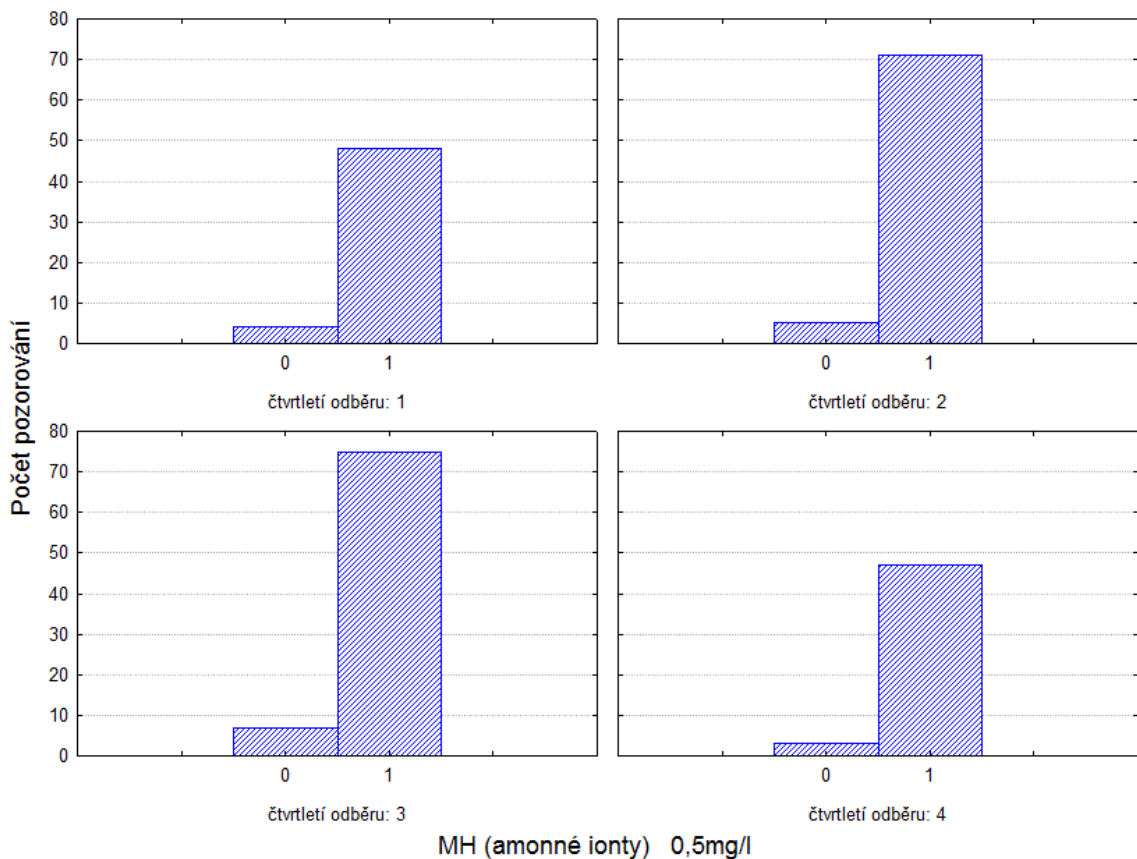
Tabulka 9.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (CHSK/Mn) 3mg/l dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 3,00 | 25,00 | 2,83 | 25,17 |
| 2007 | 2,00 | 25,00 | 2,73 | 24,27 |
| 2008 | 3,00 | 41,00 | 4,44 | 39,56 |
| 2009 | 4,00 | 54,00 | 5,86 | 52,14 |
| 2010 | 8,00 | 32,00 | 4,04 | 36,96 |
| 2011 | 0,00 | 1,00 | 0,10 | 0,90 |
| 0,914 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,642 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,470 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,418 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,038 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,737 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,323 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.7 Amonné ionty

Amonné ionty slouží jako indikátor možného fekálního znečištění podzemní vody. Náhlé a výrazné zvýšení obsahu amonných iontů ve vodě je důležitější než jejich absolutní koncentrace. V grafu 10 je popsána závislost počtu měření na čtvrtletí odběru. Nejvíce stanovení bylo provedeno ve druhém (76 měření) a třetím (82 měření) čtvrtletí. Celkem bylo uskutečněno 260 pozorování. Z výsledků je patrné, že zvýšený výskyt amonných iontů ve studničních vodách je malý. Na základě statistického stanovení pomocí χ kvadrátu, uvedeného v tabulce 10, lze říci, že průkazný rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn čtvrtletím odběru.

Graf 10 Počet MH (amonné ionty) 0,5mg/l v jednotlivých čtvrtletích

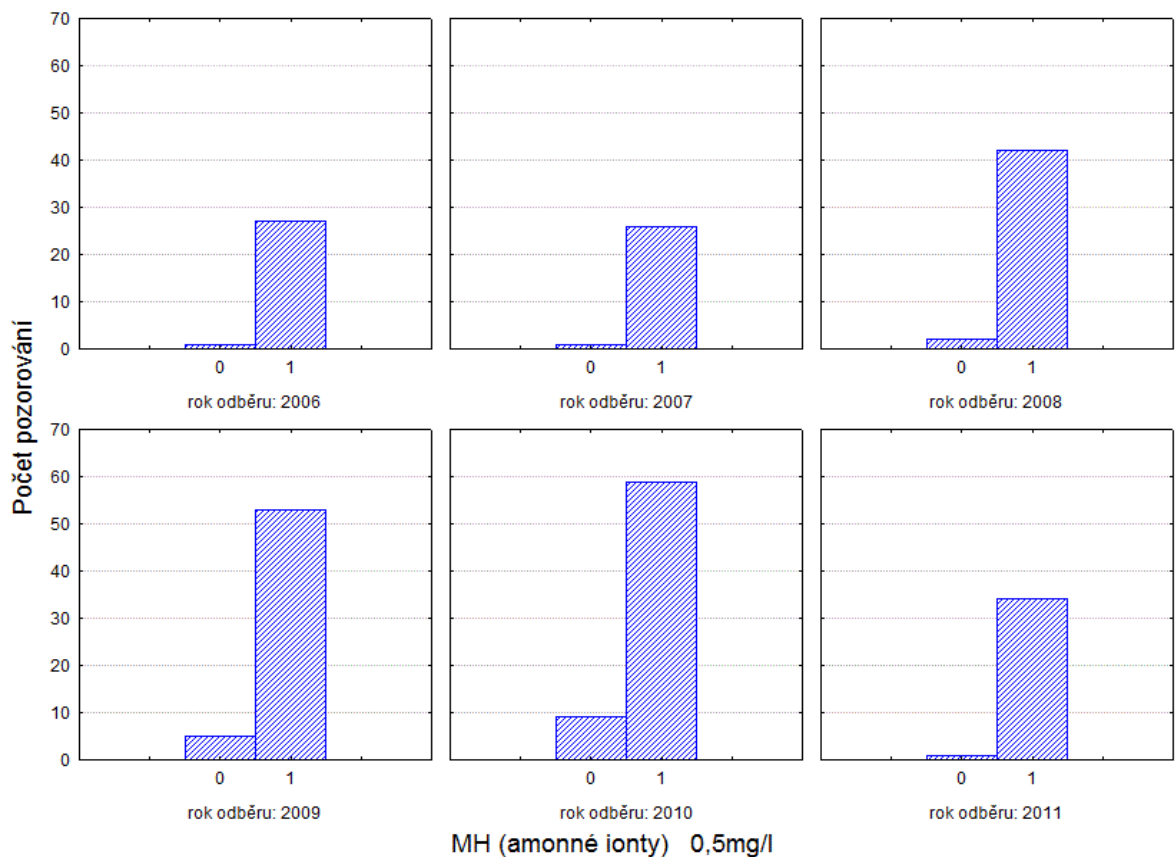


Tabulka 10.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (amonné ionty) 0,5mg/l dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 4,00 | 48,00 | 3,80 | 48,20 |
| 2 | 5,00 | 71,00 | 5,55 | 70,45 |
| 3 | 7,00 | 75,00 | 5,99 | 76,01 |
| 4 | 3,00 | 47,00 | 3,65 | 46,35 |
| 0,915 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,807 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,669 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,722 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,944 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

V grafu 11 jsou zaznamenány hodnoty počtu měření podle jednotlivých sledovaných let. Nejvíce stanovení bylo provedeno v roce 2010 (68 měření), nejméně v roce 2007 (27 měření). Celkem bylo provedeno 260 pozorování, z toho překročená mezní hodnota 0,5mg/l byla zjištěna u 19 vzorků. Dle stanovení pomocí χ kvadrátu bylo zjištěno, že rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn rokem odběru.

Graf 11 Počet MH (amonné ionty) 0,5mg/l v jednotlivých letech



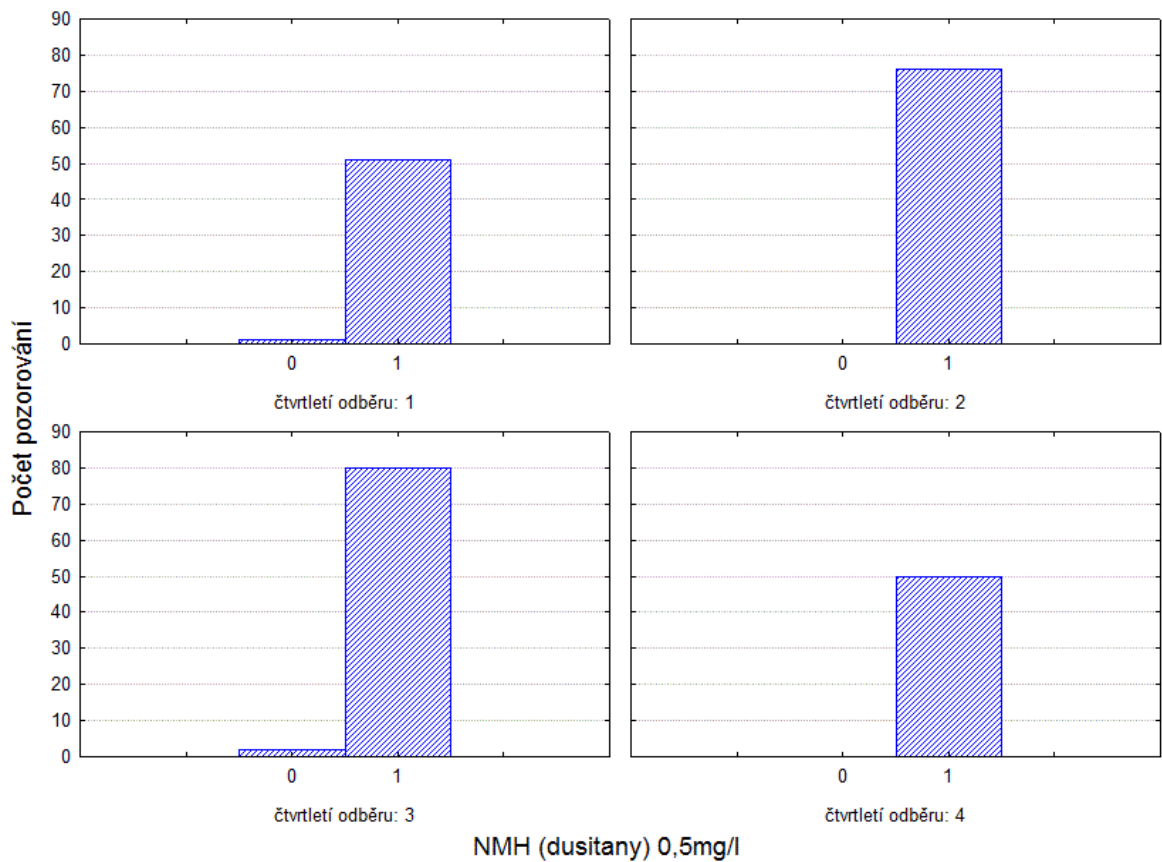
Tabulka 11.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (amonné ionty) 0,5mg/l dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 1,00 | 27,00 | 2,05 | 25,95 |
| 2007 | 1,00 | 26,00 | 1,97 | 25,03 |
| 2008 | 2,00 | 42,00 | 3,22 | 40,78 |
| 2009 | 5,00 | 53,00 | 4,24 | 53,76 |
| 2010 | 9,00 | 59,00 | 4,97 | 63,03 |
| 2011 | 1,00 | 34,00 | 2,56 | 32,44 |
| 0,447 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,472 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,481 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,701 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,060 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,312 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,279 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.8 Dusitany

Dusitany jsou reaktivní formou dusíku. V žaludku reagují se sekundárními aminy z potravy za vzniku N-nitrososloučenin, které mají karcinogenní účinky. Z grafu 12 je zřejmé, že obsah dusitanů ve vodě je v pořádku, jen zcela výjimečně se objeví vzorek, který neodpovídá vyhlášce. Za sledované období bylo provedeno celkem 260 odběrů vod ze studní. Z tohoto množství jen 3 vzorky neodpovídali legislativním předpisům. V tabulce 12 je zaznamenáno statistické hodnocení pomocí χ kvadrátu; průkazný rozdíl v počtech příkladů nebyl ovlivněn čtvrtletím odběru.

Graf 12 Počet NMH (dusitany) 0,5mg/l v jednotlivých čtvrtletích

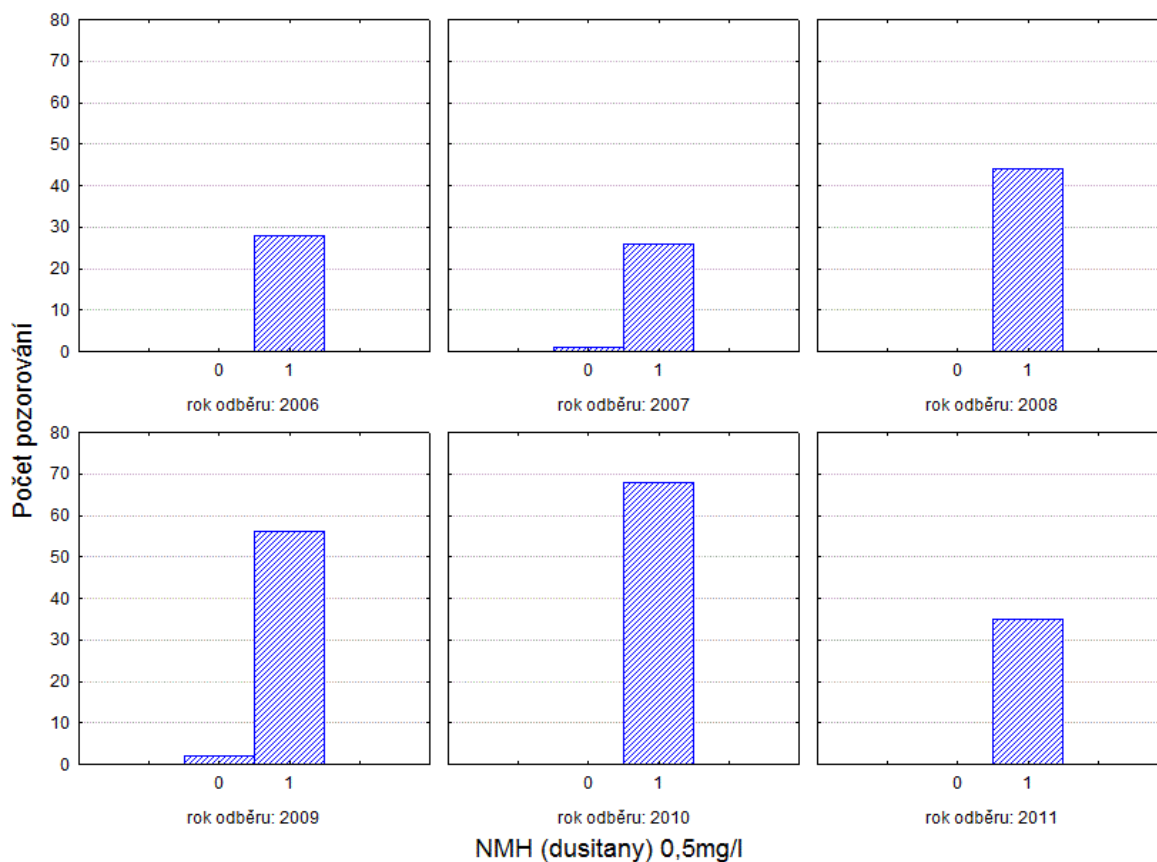


Tabulka 12.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusitany) 0,5mg/l dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 1,00 | 51,00 | 0,60 | 51,40 |
| 2 | 0,00 | 76,00 | 0,88 | 75,12 |
| 3 | 2,00 | 80,00 | 0,95 | 81,05 |
| 4 | 0,00 | 50,00 | 0,58 | 49,42 |
| 0,603 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,346 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,276 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,445 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,403 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

Graf 13 popisuje vliv roku odběru vody na počet stanovení. Nejvíce pozorování proběhlo v roce 2010 (68 měření), nejméně v roce 2007 (27 měření). Z grafu je patrné, že kvalita studniční vody z hlediska výskytu dusitanů je velmi dobrá. Jen v letech 2007 a 2009 byly zaznamenány nevyhovující výsledky. Dle stanovení pomocí χ kvadrátu bylo zjištěno, že průkazný rozdíl v počtech příkladů nebyl ovlivněn rokem odběru.

Graf 13 Počet NMH (dusitany) 0,5mg/l v jednotlivých letech

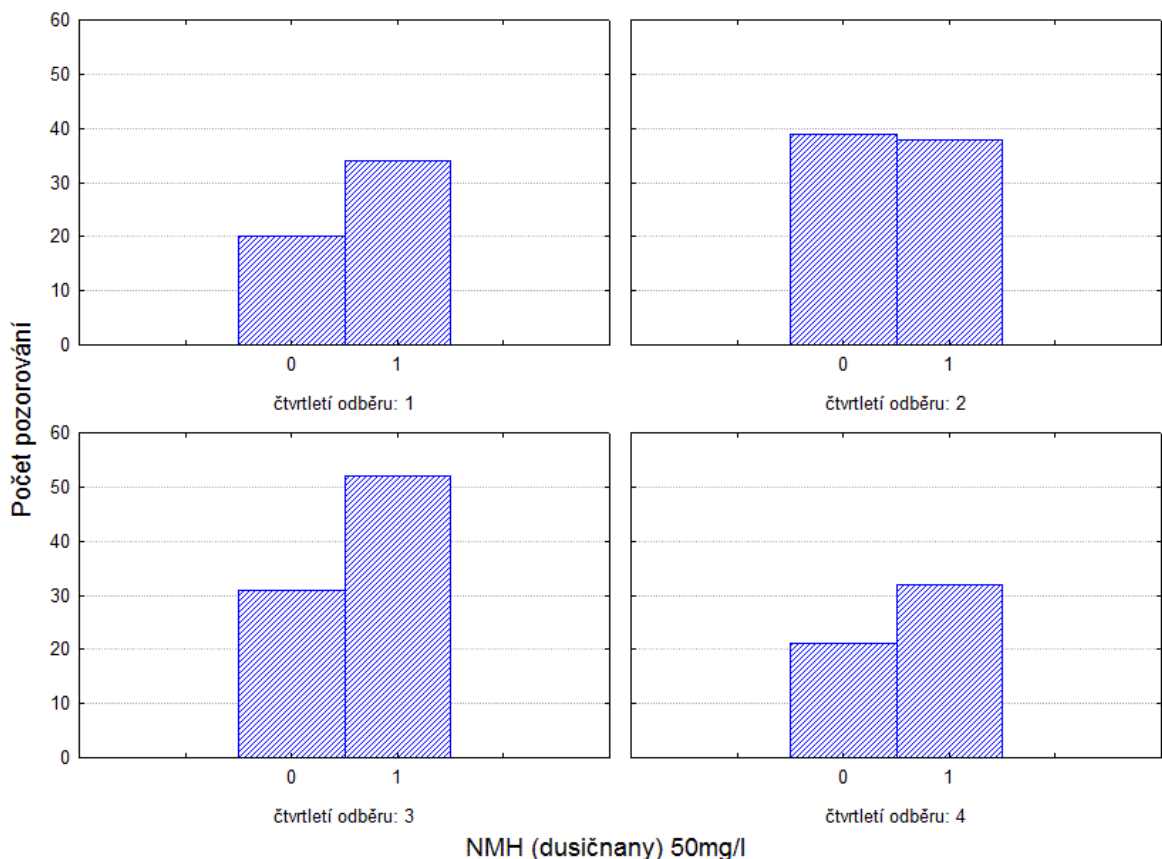
Tabulka 13.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusitany) 0,5mg/l dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 0,00 | 28,00 | 0,32 | 27,68 |
| 2007 | 1,00 | 26,00 | 0,31 | 26,69 |
| 2008 | 0,00 | 44,00 | 0,51 | 43,49 |
| 2009 | 2,00 | 56,00 | 0,67 | 57,33 |
| 2010 | 0,00 | 68,00 | 0,78 | 67,22 |
| 2011 | 0,00 | 35,00 | 0,40 | 34,60 |
| 0,568 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,215 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,474 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,102 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,373 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,523 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,282 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.9 Dusičnany

Dusičnany jsou v množství jednotek mg/l přirozenou součástí vody. Jejich obsah je často zvýšen vlivem nadměrného (nebo nesprávného) používání minerálních a statkových hnojiv. Vyšší obsah dusičnanů může být důsledkem úniku odpadních vod z netěsnících septiků, živočišných farem, apod. V grafu 14 je uveden počet měření obsahu dusičnanů v závislosti na čtvrtletí odběru. Celkem bylo zkoumáno 267 vzorků. Nejvíce pozorování bylo provedeno ve třetím čtvrtletí (83 vzorků), nejméně ve čtvrtém čtvrtletí (53 vzorků). Téměř polovina všech vzorků neodpovídá legislativním požadavkům na kvalitu studniční vody, což může být způsobem větším používáním dusíkatých hnojiv. Podle statistického vyhodnocení pomocí χ kvadrátu je možno říci, že rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn čtvrtletím odběru.

Graf 14 Počet NMH (dusičnany) 50mg/l v jednotlivých čtvrtletích

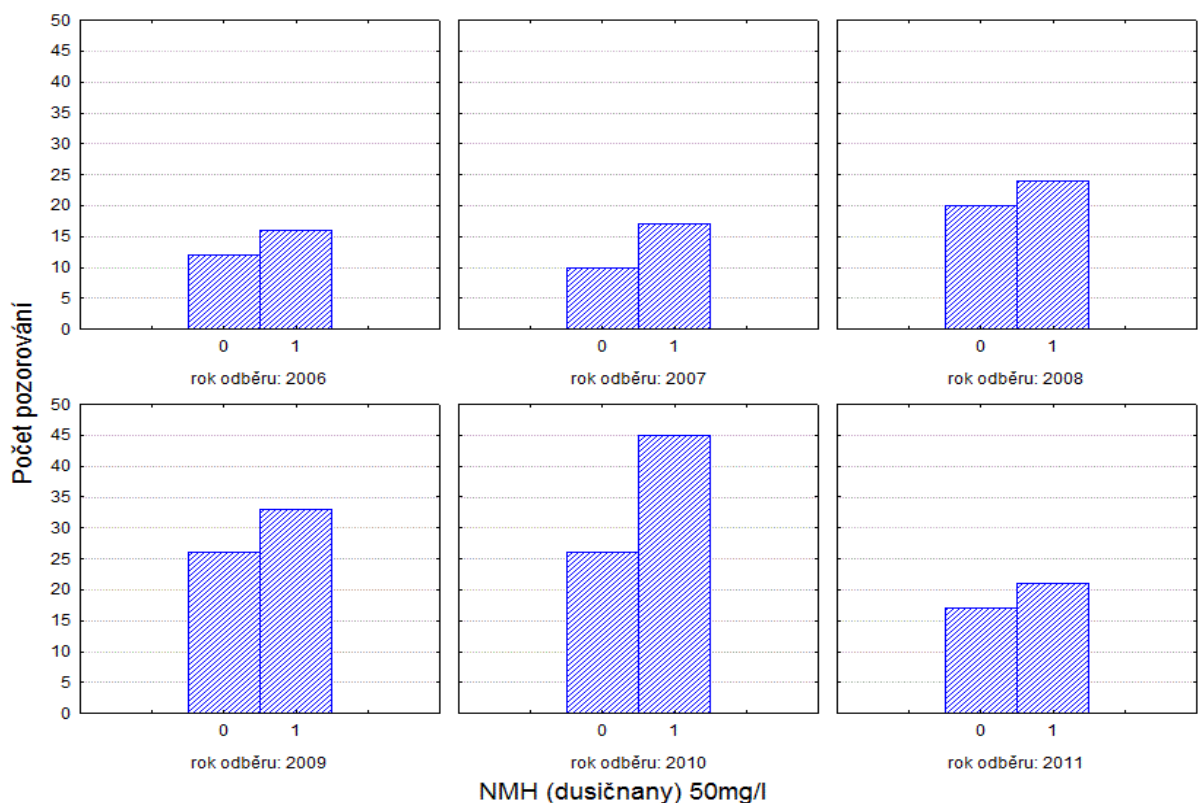


Tabulka 14.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusičnany) 50mg/l dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 20,00 | 34,00 | 22,45 | 31,55 |
| 2 | 39,00 | 38,00 | 32,01 | 44,99 |
| 3 | 31,00 | 52,00 | 34,51 | 48,49 |
| 4 | 21,00 | 32,00 | 22,03 | 30,97 |
| 0,499 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,106 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,435 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,773 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,288 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

V grafu 15 je uvedený počet pozorování obsahu dusičnanů v každém roce odběru. Od roku 2006, kdy se začaly zaznamenávat výsledky se počet měření každoročně zvyšuje. Nejvíce pozorování bylo provedeno v roce 2010 (71 měření), nejméně pak v roce 2007 (27 měření). Z grafu je patrné, že počet vyhovujících vzorků je mírně vyšší než počet vzorků, u kterých byl zjištěn zvýšený výskyt dusičnanů. Dle stanovení pomocí χ kvadrátu bylo zjištěno, že průkazný rozdíl v počtu příkladů nebyl ovlivněn rokem odběru.

Graf 15 Počet NMH (dusičnany) 50mg/l v jednotlivých letech



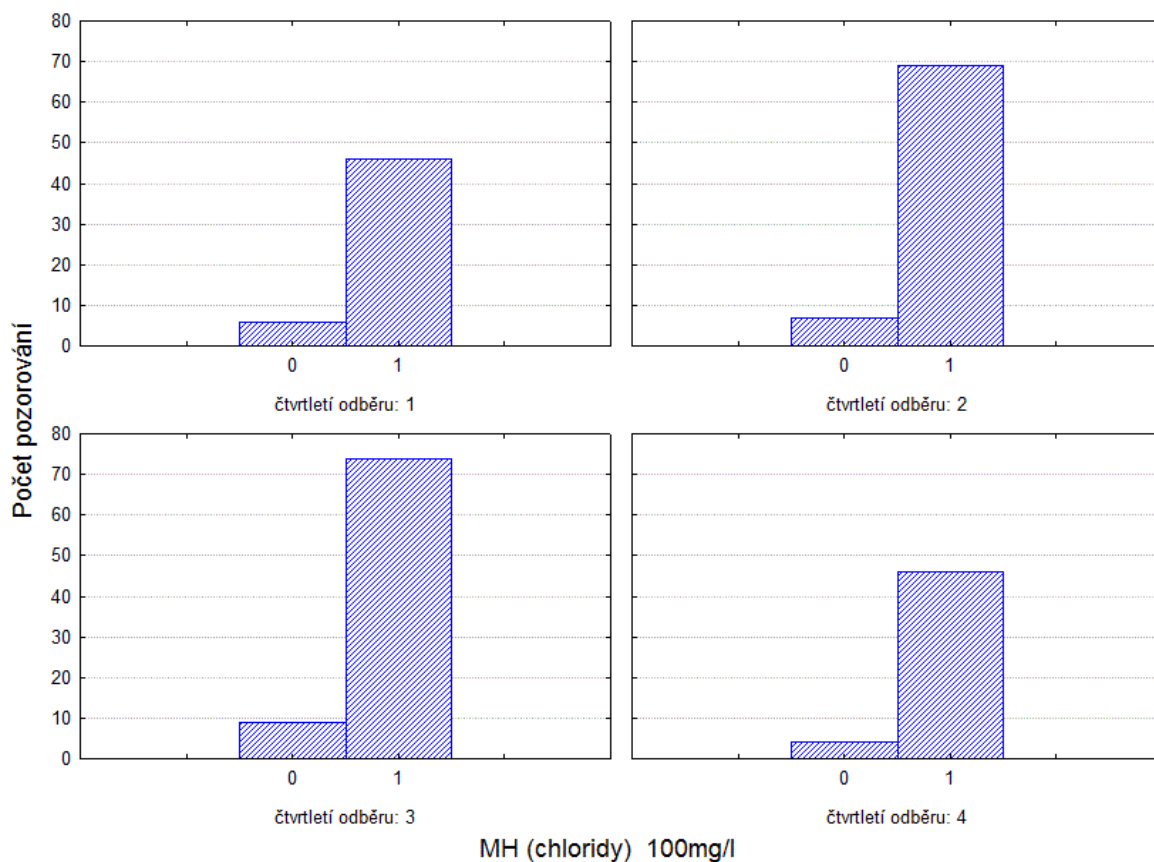
Tabulka 15.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusičnany) 50mg/l dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 12,00 | 16,00 | 11,64 | 16,36 |
| 2007 | 10,00 | 17,00 | 11,22 | 15,78 |
| 2008 | 20,00 | 24,00 | 18,29 | 25,71 |
| 2009 | 26,00 | 33,00 | 24,53 | 34,47 |
| 2010 | 26,00 | 45,00 | 29,52 | 41,48 |
| 2011 | 17,00 | 21,00 | 15,80 | 22,20 |
| 0,890 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,632 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,601 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,697 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,397 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,692 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,908 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.10 Chloridy

Chloridové ionty přispívají k udržení potřebného osmotického tlaku a elektrolytové rovnováže. Déletrvající ztráty chloridových iontů vedou ke komatózním stavům, které jsou vyvolané edémem mozku (hypochloremie). Vyšší koncentrace chloridů ve vodě nepříznivě ovlivňuje její chuť a korozivní schopnost. Po zimním období se může obsah chloridů v podzemní vodě zvýšit v důsledku solení silnic. V grafu 16 jsou uvedeny počty měření obsahu chloridových iontů v závislosti na čtvrtletí odběru. Z celkového počtu 261 pozorování bylo ve třetím čtvrtletí provedeno nejvíce (83) a ve čtvrtém čtvrtletí nejméně (50) stavení. V tabulce 16 je zaznamenáno statistické vyhodnocení pomocí χ kvadrátu. Bylo zjištěno, že průkazný rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn čtvrtletím odběru.

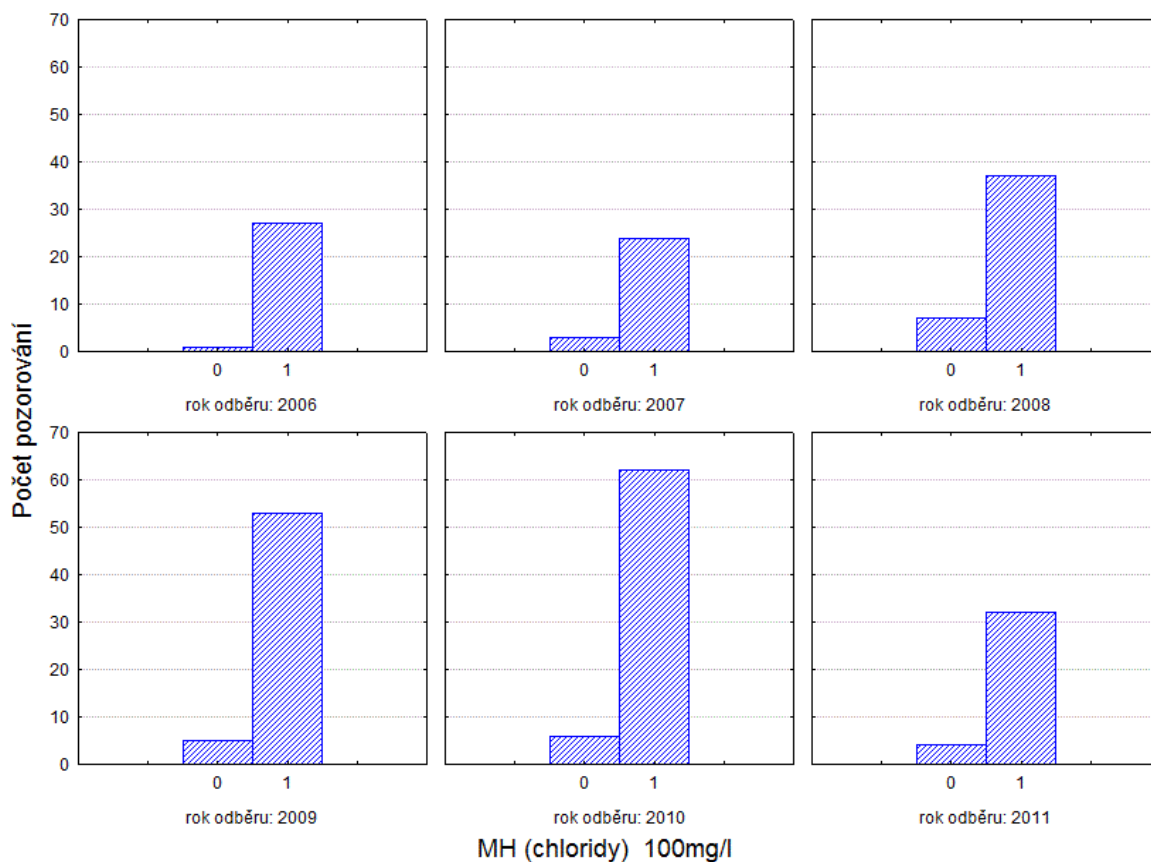
Graf 16 Počet MH (chloridy) 100mg/l v jednotlivých čtvrtletích

Tabulka 16.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (chloridy) 100mg/l dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 6,00 | 46,00 | 5,18 | 46,82 |
| 2 | 7,00 | 69,00 | 7,57 | 68,43 |
| 3 | 9,00 | 74,00 | 8,27 | 74,73 |
| 4 | 4,00 | 46,00 | 4,98 | 45,02 |
| 0,704 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,827 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,789 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,643 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,924 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

Graf 17 uvádí hodnoty počtu měření za jednotlivé roky. Nejvíce pozorování proběhlo v roce 2010 (68 měření), nejméně v roce 2007 (27 měření). Ve všech letech, kdy probíhalo pozorování, bylo více vzorků vody, které splňovaly požadavky na kvalitu vody ze studní. Dle stanovení pomocí χ kvadrátu, které je zaznamenáno v tabulce 17, bylo zjištěno, že průkazný rozdíl v počtech příkladů není ovlivněn rokem odběru.

Graf 17 Počet MH (chloridy) 100mg/l v jednotlivých letech

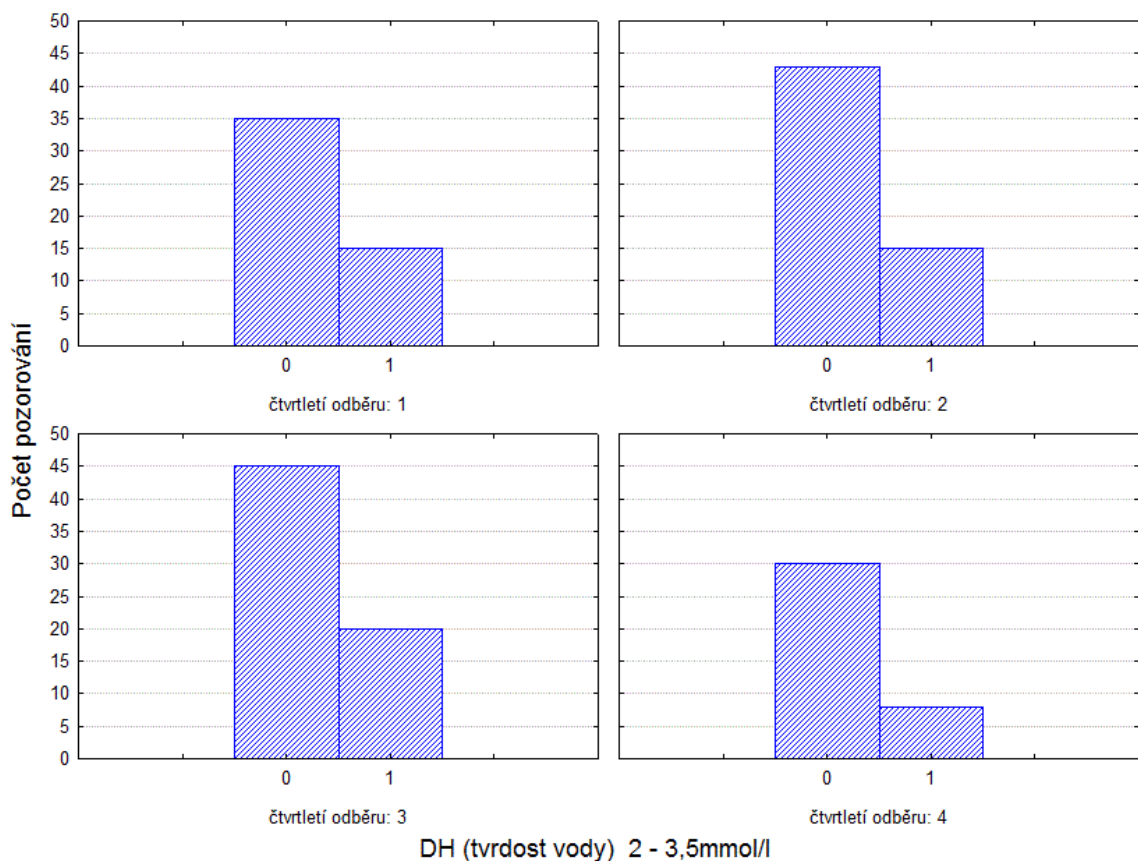
Tabulka 17.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (chloridy) 100mg/l dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 1,00 | 27,00 | 2,79 | 25,21 |
| 2007 | 3,00 | 24,00 | 2,69 | 24,31 |
| 2008 | 7,00 | 37,00 | 4,38 | 39,62 |
| 2009 | 5,00 | 53,00 | 5,78 | 52,22 |
| 2010 | 6,00 | 62,00 | 6,77 | 62,23 |
| 2011 | 4,00 | 32,00 | 3,59 | 32,41 |
| 0,259 | P hodnota χ^2 pro rok 2006 | | | |
| 0,842 | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,188 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,733 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,754 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,818 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| 0,651 | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

3.11 Tvrdość vody

Celková tvrdość vyjadřuje množství vápníku a hořčíku ve vodě. Vápník je jedním z nejhodnějších minerálů v lidském těle. Nadměrný příjem vápníku vede k jeho zvýšené koncentraci v séru, postupně dochází k nežádoucímu ukládání vápenatých solí v ledvinách, plicích a v žaludeční sliznici. Hořčík je důležitý hlavně při formování kostí. Vysoké dávky hořčíku mohou vést k poškození srdce nebo k respiračnímu selhání. V grafu 18 je uveden počet všech stanovení v jednotlivých čtvrtletích. Celkově bylo provedeno 211 pozorování, z toho nejvíce stanovení bylo ve třetím čtvrtletí (65 měření), nejméně ve čtvrtém čtvrtletí (38 měření). Dle stanovení pomocí χ kvadrátu bylo zjištěno, že průkazný rozdíl v počtech měření není ovlivněn rokem odběru.

Graf 18 Počet DH (tvrdość vody) 2-3,5 mmol/l v jednotlivých čtvrtletích

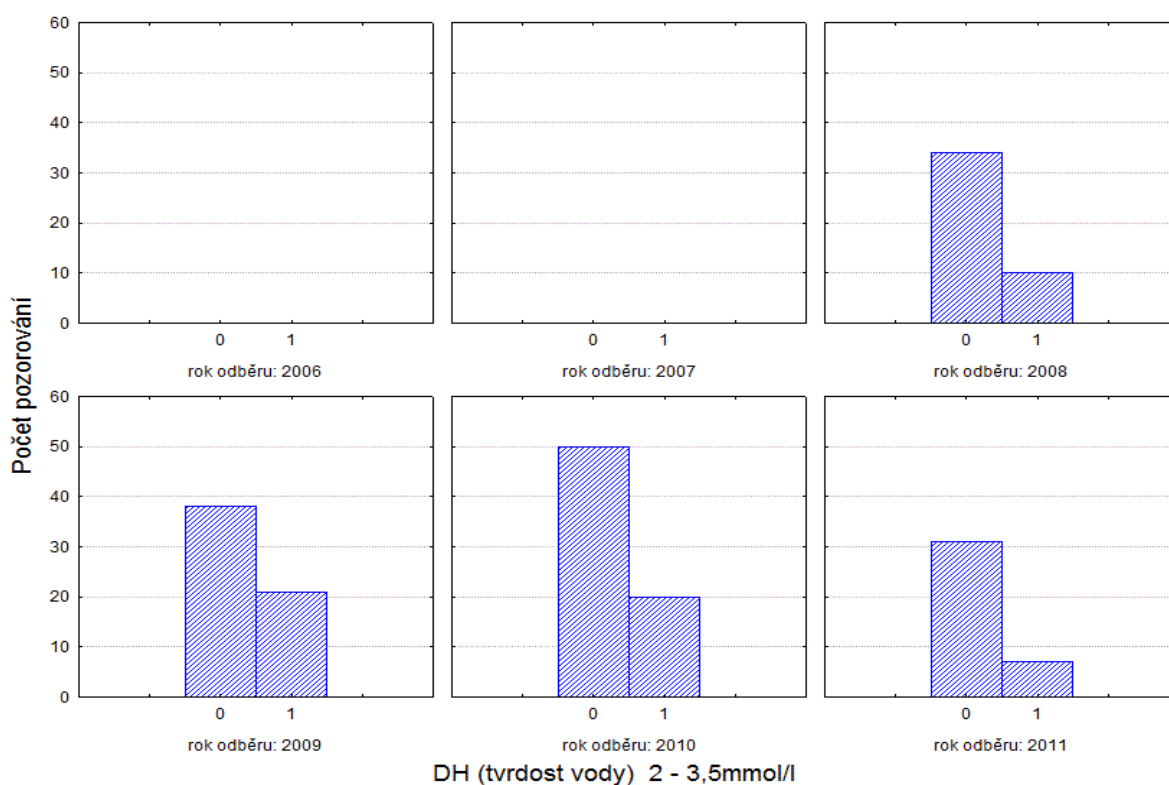


Tabulka 18.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu DH (tvrdost vody) 2-3,5mmol/l dle χ^2 testu.

| Čtvrtletí odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------------|------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 1 | 35,00 | 15,00 | 36,26 | 13,74 |
| 2 | 43,00 | 15,00 | 42,06 | 15,94 |
| 3 | 45,00 | 20,00 | 47,13 | 17,87 |
| 4 | 30,00 | 8,00 | 27,55 | 10,45 |
| 0,691 | P hodnota χ^2 pro 1 čtvrtletí | | | |
| 0,781 | P hodnota χ^2 pro 2 čtvrtletí | | | |
| 0,554 | P hodnota χ^2 pro 3 čtvrtletí | | | |
| 0,374 | P hodnota χ^2 pro 4 čtvrtletí | | | |
| 0,711 | P hodnota χ^2 pro všechna čtvrtletí | | | |

Měření tvrdosti vody se začalo provádět až v roce 2008 (graf 19). Nejvíce pozorování bylo zaznamenáno v roce 2010 (70 měření), nejméně v roce 2011 (38 měření). Z výsledků je patrné, že většina vzorků obsahovala zvýšený obsah hořčíku a vápníku. Proto by se měla voda vhodnou úpravou změkčovat. Dle statistického výpočtu pomocí χ kvadrátu bylo zjištěno, že průkazný rozdíl v počtu příkladů není ovlivněn rokem odběru.

Graf 19 Počet DH (tvrdost vody) 2-3,5 mmol/l v jednotlivých letech



Tabulka 19.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu DH (tvrdost vody) 2-3,5 mmol/l dle χ^2 testu.

| Rok odběru | Pozorované četnosti | | Očekávané četnosti | |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Negativní | Pozitivní | Negativní | Pozitivní |
| 2006 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2007 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2008 | 34,00 | 10,00 | 31,91 | 12,09 |
| 2009 | 38,00 | 21,00 | 42,78 | 16,22 |
| 2010 | 50,00 | 20,00 | 50,76 | 19,24 |
| 2011 | 31,00 | 7,00 | 27,55 | 10,45 |
| – | P hodnota χ^2 pro rok 2006 Nevyhodnotitelné z důvodu nulových hodnot | | | |
| – | P hodnota χ^2 pro rok 2007 | | | |
| 0,479 | P hodnota χ^2 pro rok 2008 | | | |
| 0,163 | P hodnota χ^2 pro rok 2009 | | | |
| 0,839 | P hodnota χ^2 pro rok 2010 | | | |
| 0,211 | P hodnota χ^2 pro rok 2011 | | | |
| – | P hodnota χ^2 pro všechny roky | | | |

DISKUZE

V diplomové práci jsou zpracované výsledky rozborů studniční vody v letech 2006-2011. Během této doby bylo zpracováno 287 vzorků ze studní na Kroměřížsku. Zpracovávaná data byla použita z laboratoře Vodovodů a kanalizací v Kroměříži. Byl proveden mikrobiologický rozbor, při kterém se sledoval výskyt psychrofilních, mezofilních a koliformních bakterií. Dále byly ve vzorcích vody kontrolovány koncentrace amonných iontů, dusitanů, dusičnanů, chloridů a chemická spotřeba kyslíku a tvrdost vody. V diplomové práci je sledován vliv čtvrtletí a roku odběru na počet odběrů i na získané výsledky. Na kvalitu vody se stále víc zaměřuje pozornost, protože vlivem průmyslu a jiné lidské činnosti je přístup k nezávadné vodě stále obtížnější. Autorka Cidu (2011) sleduje ve svém výzkumu vliv těžebních prací na kvalitu vody a prostředí. Ve své práci uvádí, že výskyt nebezpečných chemických látek v podzemní vodě v blízkosti dolů je ovlivněn obdobím dešťů, zvláště při přívalových deštích se koncentrace škodlivých a toxických prvků (jako, Cd, Ni, Pb, Sb a Zn) zvyšuje. Antropogenní zátěž na kvalitu vodních zdrojů zaznamenali ve své práci také autoři Kanwar et Webb (1997). Za významný zdroj kontaminace podzemních vod je stále považován zemědělský průmysl. Kanwar a Webb sledovali různé způsoby aplikace dusíkatých hnojiv tak, aby došlo ke snížení znečištění povrchových i podzemních vod. Baudišová (2009) ve své studii „Mikrobiální znečištění vod ze zemědělství“ zjistila, že kontaminace ze zemědělské výroby není mimořádně vysoká, ale je ovlivněna sezónními výkyvy (průměrné a maximální hodnoty odhalily velké rozdíly). Bohužel nebylo známo umístění studní, není tedy možné stanovit vliv zemědělské výroby na jejich kvalitu. Mikrobiální kontaminace byla ovlivněna také množstvím srážek. V zemědělsky znečištěných vodách byl zjištěn zvýšený výskyt enterokoků a také výskyt některých méně častých druhů bakterií, souvisejících s chovem hospodářských zvířat (*Streptococcus equinus* a *Streptococcus bovis*) a pěstováním rostlin (*Enterococcus mundtii*, *Enterococcus gallinarum*, *Enterococcus casseliflavus*). Jen zřídka byla prokázána přítomnost *Enterococcus faecalis* a *Enterococcus faecium*; druhy, vztahující se k lidskému fekálnímu znečištění.

V roce 2011 vydal Státní zdravotní ústav zprávu o kvalitě vody v ČR. Jedna z kapitol zprávy se věnuje i problematice kvality vody ve studních. V letech 2006 – 2010 bylo zpracováno celkem 132.575 údajů o hodnotách ukazatelů jakosti vody, které byly získány rozbořením 8.776 vzorků odebraných ze sledovaných studní. Časté bylo nedodržení limitních mezí u všech mikrobiologických ukazatelů: *Clostridium perfringens* (4,06%), enterokoky

(4,95%), *Escherichia coli* (4%), koliformní bakterie (10,8%), psychrofilní bakterie (7,61%) a mezofilní bakterie (10,5%). Z chemických ukazatelů byly nejčastěji překračovány koncentrace manganu (13,5%), železa (10,4%), volného chloru (5,58%), dusičnanů (7,08%), chloridů (5,84%) a nevyhovující byla také hodnota pH (18,6%); doporučená hodnota tvrdosti vody neodpovídala v 79% případů. Podle zprávy Státního zdravotního ústavu bylo z celkového počtu 132.575 stanovených hodnot jakosti vody (meze zdravotně významných parametrů limitovaných NMH) překročeny v 739 případech a celkem bylo zaznamenáno 6.173 případů nedodržení mezních hodnot ukazatelů jakosti vody (Systém monitorování, 2011). Podle výsledků sledovaných v diplomové práci bylo jen 23 vzorků vody (tj. 8,01%), které plně odpovídaly požadavkům na kvalitu vody. Nejvíce vzorků nevyhovovalo kvůli vysokému počtu psychrofilních bakterií a neodpovídající hodnotě pro tvrdost vody – 155 vzorků vody (z 287 vzorků) nesplňovalo doporučenou hodnotu pro tvrdost vody. Naopak např. překročený limit koncentrace dusitanů byl zaznamenán jen u tří vzorků vody (z 287 vzorků).

Ve zprávě o pracovní činnosti odboru hygieny obecné a komunální Krajské hygienické stanici ve Zlíně jsou zaznamenány kontroly studní ve Zlínském kraji v roce 2011. Během tohoto roku bylo provedeno 184 kontrol studniční vody, z toho 144 vzorků nevyhovovalo požadavkům na kvalitu vody. Příčinou byl zvýšený počet psychrofilních bakterií a výskyt biocidních látek (Krajská hygienická stanice, 2012). Srovnáním s výsledky v této zprávě lze říci, že kvalita studniční vody se příliš nemění.

V dubnu 2012 vydaly Brněnské vodárny a kanalizace zprávu o jakosti místní vody. Byla provedena tato stanovení: celková tvrdost, chemická spotřeba kyslíku/Mn, obsah amonických iontů, železa, dusičnanů, dusitanů a chloridů. Dále se sledoval výskyt koliformních bakterií a enterokoků. Mikrobiální rozbor potvrdil zdravotní nezávadnost podzemního zdroje vody. Z chemických ukazatelů byla zjištěna mírně zvýšená koncentrace dusičnanů (23,2mg/l), což je stále vyhovující (Brněnské vodárny, 2012).

Dostatek kvalitní vody je velmi důležitý. Z výsledků rozborů v jednotlivých letech je patrné, že kvalita vody ze studní se mírně zlepšuje. Základem dobré jakosti vody je pravidelná kontrola a desinfekce studní, důležité jsou také nové možnosti v zemědělském průmyslu, které se nezaměřují již jen na výrobu, ale všímají si i jejího vlivu na životní prostředí. Výsledky ukazují, že voda ze studní nemá ještě vždy dostatečnou kvalitu. Větší zájem o studny může zaručit větší péči o stávající i nově zbudované místní zdroje vody.

ZÁVĚR

Kvalita vody v místních zdrojích se v letech 2006 – 2011 příliš nezměnila. Nejvíce rozborů bylo prováděno ve druhém a třetím čtvrtletí, tj. v teplejších měsících roku. V této době obyvatelé vodu ze studní více využívají (zalévání, napouštění bazénů), proto je i větší zájem o její kontrolu.

Ve všech obdobích odběru převažoval počet vzorků nevyhovujících kvůli výskytu koliformních bakterií (indikují fekální znečištění). Proto je důležitá úprava okolí studny a zamezení kontaminace vody ať už mikrobiální nebo chemickými látkami. Z vypracovaných grafů je patrné, že u všech parametrů se kvalita vody mírně zlepšuje, což může být dáno návratem obyvatel k individuálním zdrojům zásobování vodou, a to hlavně z finančních důvodů.

Tabulky zaznamenávají statistické výpočty pomocí χ kvadrátu. Bylo zjištěno, že kromě koliformních a mezofilních bakterií (36°C) nebyl průkazný rozdíl v počtech příkladů ovlivněn čtvrtletím odběru a u žádného ukazatele nebyl ovlivněn rokem odběru.

Pro zvýšení kvality vody ve studních je důležitá péče o tyto zdroje vody. Pravidelné čištění studny i jejího okolí, desinfekce a provádění kontrolních odběrů je zárukou kvalitní a pitné vody.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALBERTS, B. *Molecular biology of the cell*. 5th ed. New York: Garland Science, 2008. ISBN 08-153-4106-7.

AL-HOLY M. A., LIN M., AL-QADIN H. M., RASCO B. A.: *Food Microbiology*. 25, 2008.

ALLEY, W. M., COHEN, P.: *A scientifically based nationwide assessment of groundwater quality in the United States*. Environmental geology and water sciences, 1991, vol. 17, is. 1, p. 17-22. ISSN: 0177-5146

Applied biosystems: Real-time PCR vs. Traditional PCR, 2006. 117GU11-01.

ARIS, A.Z., PRAVEENA, S.M., ABDULLAH, M.H.: The Influence of Seawater on the Chemical Composition of Groundwater in a Small Island. *Journal of coastal research*, 2012, vol. 28, is. 1, p. 64-75. ISSN 0749-0208.

BADEA, M., AMINE, A., PALLESCHI, G. et al.: *New electrochemical sensors for detection of nitrites and nitrates*. *Journal of electroanalytical chemistry*, 2001, vol. 509, is. 1, p. 66-72. ISSN: 0022-0728.

BADGER, J. D. et al. *Citrobacter freundii* Invades and Replicates in Human Brain Microvascular Endothelial Cells. *Infection and Immunity*, 1999, vol. 67, no. 8, p. 4208–4215.

BAUDYŠOVÁ, D. *Microbial pollution of water from agriculture*. *Plant soil and environment*, 2009, vol. 55, is. 10, p. 429-435. ISSN: 1214-1178

BÍLEK, K. *Analýza diferenciálně exprimovaných genů a validace referenčních genů u prasat*. Brno, 2008. Doktorská disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.

Brněnské vodárny a kanalizace. [online]. Brno, 2012 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/zakaznikum/jakost-vody/>

BUŇKOVÁ, L., DOLEŽALOVÁ, M.: *Obecná mikrobiologie*. Vyd. 2., nezměn. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010, 190 s. ISBN 978-80-7318-973-0.

CAWTHORN D.-M., BOTHA S., WITTHUHN R. C.: *Int. J. Food Microbiology*. 127, 129 (2008)

CIDU, R. *Mobility of aqueous contaminants at abandoned mining sites: insights from case studies in Sardinia with implications for remediation*. Environmental Earth, 2011, vol. 64, is. 2, p. 503-512. ISSN: 1866-6280

CLARK, J., PAGEL, J. *Pollution indicator bacteria associated with municipal raw and drinking-water supplies*. Canadian journal of microbiology, 1977, vol. 23, is. 4, p. 465-475. ISSN: 0008-4166.

CIOROI, M., PRAISLER, M.: *Physico-chemical characteristics and dynamics of the wells water in galati country*. Environmental engineering and management journal, 2012, vol. 11, is. 1, p. 55-60. ISSN: 1582-9596.

CZECH, E., TROCZYNSKI, T. *Hydrogen generation through massive corrosion of deformed aluminum in water*. International journal of hydrogen energy, 2010, vol. 35, is. 3, p. 1029-1037. ISSN: 0360-3199.

ČSN 75 5115. *Jímání podzemní vody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

ČSN ISO 7150-1. *Jakost vod*. Praha: Český normalizační institut, 1994.

DAWSON, E.D., TAYLOR, A.W., SMAGALA, J.A., et al. *Molecular Detection of Streptococcus pyogenes and Streptococcus dysgalactiae subsp equisimilis*. Molecular biotechnology, 2009, vol. 42, is. 1, p. 117-127. ISSN: 1073-6085.

Eurogentec, EGT group: *Troubleshooting guide for qPCR and RT qPCR kits*. 2004.

FERRE, F. *Quantitative or semiquantitative PCR: reality versus myth*. PCR methods applications 2, 1992, p. 1-9.

FRAHM, E., OBST, U. *Application of the fluorogenic probe technique (TaqMan PCR) to the detection of Enterococcus spp. and Escherichia coli in water samples*. Journal of microbiological methods, 2003, vol. 52, is. 1, p. 123-131. ISSN: 0167-7012

GOMEZ, E., ESTELA, J.M., CERDA, V. *Simultaneous spectrophotometric determination of calcium and magnesium in water*. Analytica chimica acta, 1991, vol. 249, is. 2, p. 513-518. ISSN: 0003-2670

HAM, Y.S., TAMIYA, S., CHOI, I.S. *Highly sensitive determination of total dissolved aluminum in water samples using capillary electrophoresis with on-line preconcentration method*. Bunseki kagaku, 2007, vol. 56, is. 6, p. 479-483. ISSN: 0525-1931

HANOUSEK, M. *Voda pro chataře a zahrádkáře: [zdroje vody, čerpání a rozvod, ohřev, odpad]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 94 s. Profi. ISBN 80-247-0400-5.

HARTL, D. L., JONES, E. W. *Genetics: principles and analysis*. 4th ed. Sudbury, Mass.: Jones and Bartlett Publishers, c1998, 840 s. ISBN 07-637-0489-X.

HEIJNEN, L., MEDEMA, G. *Method for rapid detection of viable Escherichia coli in water using real-time NASBA*. Water research, 2009, vol. 43, is. 12, p.3124-3132. ISSN: 0043-1354.

HORÁKOVÁ, K., MLEJNKOVÁ, H., MLEJNEK, P. *Direct detection of bacterial faecal indicators in water samples using PCR*. Water science and technology, 2006, vol. 54, is. 3, p. 135-140. ISSN: 0273-1223

Hygienický význam životních dějů ve vodách. Praha: Avicenum, 1979.

CHLUPÁČOVÁ, M. *Mikrobiální závadnost studniční vody a dezinfekce* [online]. 2007 Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/mikrobialni-zavadnost-studnicni-vody-dezinfekce>.

ISENBARGER, T.A., FINNEY, M., RIOS-VELAZQUEZ, C. et al. *Miniprimer PCR, a new lens for viewing the microbial world*. Applied and environmental microbiology, 2008, vol. 74, is. 3, p. 840-849. ISSN: 0099-2240.

IVERSEN C., LEHNER A., MULLANE N., et al.: *J. Clin. Microbiology*. 45, 3814 (2007).

KACLIKOVA, E., KRASCENICSOVA, K., PANGALLO, D. et al. *Detection and quantification of Citrobacter freundii and C. braakii by 5'-nuclease polymerase chain reaction*. Current microbiology, 2005, vol. 51, is. 4, p. 229-232. ISSN: 0343-8651.

KANWAR, R.S., WEBB, B., *Freshwater contamination: proceedings of an international symposium (Symposium S4) held during the Fifth Scientific Assembly of the International*

Association of Hydrological Sciences (IAHS) at Rabat, Morocco, from 23 April to 3 May 1997. Wallingford, Oxfordshire: IAHS, 1997. ISBN 19-015-0220-1.

KAPLAN, L.A., PESCE, A. J., KAZMIERCZAK, S. C. *Clinical chemistry. Theory, analysis, correlation*, 4th Edition. St. Louis: Mosby, 2003, 1179 p., ISBN 0-323-01716-9.

KOC, J., WONS, M., GLINSKA-LEWCZUK, K., SZYMCZYK, S. *Manganese concentrations in underground water intended for human consumption.* Fresenius environmental bulletin, 2010, vol. 19, is. 4, p. 558-562. ISSN: 1018-4619.

KOČÁREK, E. *Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika.* 1. vyd. Praha: Scientia, 2004, 211 s. ISBN 80-718-3326-6.

KOŽÍŠEK, F. *Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu k opatřením bránícím výskytu parazitických prvků v pitné vodě.* Státní zdravotní ústav. 2005.

KOŽÍŠEK, F. *Studna jako zdroj pitné vody: Příručka pro uživatele domovních a veřejných studní.* Praha: Státní zdravotní ústav, 2003.

Krajská hygienická stanice ve Zlíně. [online]. Zlín, 2011 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: http://www.khszlin.cz/root_tzpravy.html

KROFTA, J. et al.: *Návody pro laboratorní cvičení z analytické chemie II.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.

MENA, K.D., GERBA, C.P. *Risk Assessment of Pseudomonas aeruginosa in Water.* Reviews of environmental contamination and toxicology, 2009, vol. 201, p. 71-115. ISSN: 0179-5953.

MESSELHAUSSER, U., ZUCKER, R., ELMER-ENGLHARD, D. et al. *Detection and characterization of Clostridium perfringens by means of real-time-PCR.* Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit-journal of consumer protection and food safety, 2007, vol. 2, is. 2, p. 194-197. ISSN: 1661-5751.

MEYERS, T.W., GELFAND, D.H. *Reverse transcription and DNA amplification by Thermus thermophilus DNA-polymerase.* Biochemistry, 1991, vol. 30, is. 31, p. 7661-7666. ISSN: 0006-2960.

MICHEK, V., DAŘIČKOVÁ, A. *Upravujeme vodu doma a na chatě: [zdroj pitné vody, vyšetření kvality, úprava a dezinfekce]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 104 s. Profi. ISBN 978-80-247-1546-9.

NORMATOV, I., KHOLMIRZOEVA, M., NOSIROV, N., et al.: *GQ10: Groundwater quality management in a rapidly changing world*. Wallingford [England]: International Association of Hydrological Sciences, 2011, p. 427-430. ISBN 978-190-7161-162.

Onkologické centrum: laboratorní příručky [online]. Dostupné z: <http://www.pr-lab.cz/laboratore/laboratorni-prirucky.aspx>

PANNEERSEELAN, L., MURIANA, P.M. *An Immunomagnetic PCR Signal Amplification Assay for Sensitive Detection of Staphylococcus aureus Enterotoxins in Foods*. Journal of food protection, 2009, vol. 72, is. 12, p. 2538-2546. ISSN: 0362-028X.

PAVLÍK, E. *Molekulárně biologické techniky pro mikrobiologickou diagnostiku*. Praha: UK, 1. LF, Ústav pro lékařskou mikrobiologii, 1999.

PELIKÁN, V. *Ochrana podzemních vod*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983, 321 s.

PITTER, P. *Hydrochemie*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1999, 568 s. ISBN 80-030-0525-6.

QIN, S.Y., MA, F., HUANG, P., YANG, J.X.: Fe^(II) and Mn^(II) removal from drilled well water. Desalination, 2009, vol. 245, is. 1-3, p. 183-193. ISSN: 0011-9164.

RABINOW, P. *Making PCR. A story of biotechnology*. Chicago and London: The university of Chicago press, 1996.

RIBAS, F., PERRAMON, J., TERRADILLOS, A. et al.: The Pseudomonas group as an indicator of potential regrowth in water distribution systems. Journal of applied microbiology, 2000, vol. 88, is. 4, p. 704-710. ISSN: 1364-5072.

ROSYPAL, S. *Bakteriologie a virologie*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1994, 67 s. ISBN 80-858-2716-6.

RUTJES, S.A., ITALIAANDER, R., van den BERG H.H.J.L. et al. *Isolation and detection of enterovirus RNA from large-volume water samples by using the Nucli-Sens miniMAG system and real-time nucleic acid sequence-based amplification*. Ap-

plied and environmental microbiology, 2005, vol. 71, is. 7, p. 3734-3740. ISSN: 0099-2240.

SHELTON, B.G., KERBEL, W., WITHERELL, L., MILLAR, J.D. *Review of Legionnaires' disease*. AIHAJ, 2000, VOL. 61, IS. 5, P. 738-742. ISSN: 1529-8663

Standardní operační postupy laboratoře úpravny vod VAK Kroměříž.

SUN, Q., LAN, R., WANG, Y. et al. Genesis of a novel *Shigella flexneri* serotype by sequential infection of serotype-converting bacteriophages SfX and SfI. *BMC Microbiology*, 2011, vol. 11. ISSN: 1471-2180.

Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí: Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2010. Praha: Státní zdravotní ústav, 2011. ISBN 978-80-7071-118-3.

ŠILHÁNKOVÁ, L. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3. [i.e. 4.], opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. Praha: Academia, 2008, 363 s. ISBN 978-802-0017-031.

VEJRAŽKA, M.: *Elektrochemie v biochemii*. Praha: Ústav lékařské biochemie 1. LF UK, 2008.

VONDRUŠKA, M. *Analytická chemie*. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2004, 170 s. ISBN 80-731-8212-2.

VOTAVA, M. et al. *Lékařská mikrobiologie speciální*. Brno: Neptun, 2003, 495 s. ISBN 80-902-8966-5.

Vyhláška č. 187 ze dne 4. května 2005, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 252 ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 293 ze dne 6. června 2006, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění vyhlášky č. 187/2005 Sb.

WILKINSON, H.W., DRASAR, V., THACKER, W.L. et al. *Legionella moravica sp-nov and Legionella brunensis sp-nov isolated from cooling-tower water*. Annales de l'institut Pasteur-microbiology, 1988, vol. 139, is. 4, p. 393-402. ISSN: 0300-5410.

WITTWER, C.T., RIRIE, K.M., ANDREW, R.V. et al. *The LightCycler: a microvolume multisample fluorimeter with rapid temperature control*. Biotechniques, 1997, vol. 22, is. 1, p. 176-181. ISSN: 0736-6205.

ZELINKA, Z. *Studny. 2.*, dopl. vyd. Brno: ERA, 2003, 88 s. ISBN 80-865-1775-6.

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf 1 Souhrnný graf | 41 |
| Graf 2 Počet MH (22°C) 200KTJ/ml v jednotlivých čtvrtletích..... | 42 |
| Graf 3 Počet MH (22°C) 200KTJ/ml v jednotlivých letech | 43 |
| Graf 4 Počet MH (36°C) 100KTJ/ml v jednotlivých čtvrtletích..... | 44 |
| Graf 5 Počet MH (36°C) 100KTJ/ml v jednotlivých letech | 45 |
| Graf 6 Počet MH (koliformní) 0KTJ/100ml v jednotlivých čtvrtletích..... | 47 |
| Graf 7 Počet MH (koliformní) 0KTJ/100ml v jednotlivých letech | 48 |
| Graf 8 Počet MH (CHSK/Mn) 3mg/l v jednotlivých čtvrtletích | 50 |
| Graf 9 Počet MH (CHSK/Mn) 3mg/l v jednotlivých letech | 51 |
| Graf 10 Počet MH (amonné ionty) 0,5mg/l v jednotlivých čtvrtletích..... | 52 |
| Graf 11 Počet MH (amonné ionty) 0,5mg/l v jednotlivých letech..... | 53 |
| Graf 12 Počet NMH (dusitany) 0,5mg/l v jednotlivých čtvrtletích | 55 |
| Graf 13 Počet NMH (dusitany) 0,5mg/l v jednotlivých letech | 56 |
| Graf 14 Počet NMH (dusičnany) 50mg/l v jednotlivých čtvrtletích..... | 57 |
| Graf 15 Počet NMH (dusičnany) 50mg/l v jednotlivých letech..... | 58 |
| Graf 16 Počet MH (chloridy) 100mg/l v jednotlivých čtvrtletích..... | 60 |
| Graf 17 Počet MH (chloridy) 100mg/l v jednotlivých letech | 61 |
| Graf 18 Počet DH (tvrdost vody) 2-3,5 mmol/l v jednotlivých čtvrtletích..... | 62 |
| Graf 19 Počet DH (tvrdost vody) 2-3,5 mmol/l v jednotlivých letech..... | 63 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1.: Nejmenší doporučená vzdálenost od zdrojů znečištění..... | 38 |
| Tabulka 2.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (22°C)..... | 42 |
| Tabulka 3.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (22°C)..... | 43 |
| Tabulka 4.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (36°C)..... | 45 |
| Tabulka 5.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (36°C)..... | 46 |
| Tabulka 6.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (koliformní)..... | 47 |
| Tabulka 7.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (koliformní)..... | 49 |
| Tabulka 8.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (CHSK/Mn)..... | 50 |
| Tabulka 9.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (CHSK/Mn)..... | 51 |
| Tabulka 10.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (amonné ionty) | 53 |
| Tabulka 11.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (amonné ionty) | 54 |
| Tabulka 12.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusitany)..... | 55 |
| Tabulka 13.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusitany)..... | 56 |
| Tabulka 14.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusičnany) | 58 |
| Tabulka 15.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu NMH (dusičnany) | 59 |
| Tabulka 16.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (chloridy)..... | 60 |
| Tabulka 17.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu MH (chloridy)..... | 61 |
| Tabulka 18.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu DH (tvrdost vody)..... | 63 |
| Tabulka 19.: Počet pozorovaných a očekávaných výsledků počtu DH (tvrdost vody) | 64 |

SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|-------------------------------------------------|----|
| Příloha 1 Žádost o přístup k údajům | 78 |
| Příloha 2 Poskytnutí údajů o kvalitě vody | 79 |

Příloha 1 Žádost o přístup k údajům

Vodovody a kanalizace Kroměříž, a.s.
Ing. Ladislav Lejsal, ředitel
Kojetinská 3666
767 01 Kroměříž

V Kroměříži 15.8.2011

Věc: Žádost

Vážený pane, řediteli, žádám Vás o přístup k údajům o pitné vodě v laboratoři VaK Kroměříž. Data budou použita při zpracování diplomové práce, která charakterizuje kvalitu vody z individuálních zdrojů v okolí Kroměříže.

Děkuji

S pozdravem

Bc. Lenka Šidlíková, DiS.
Zákosteli 243, Zdounky
Mob.: 605 934 083

Příloha 2 Poskytnutí údajů o kvalitě vody



Vodovody a kanalizace Kroměříž, a.s., Kojetínská 3666, 767 11 Kroměříž
IČ: 49451871 DIČ: CZ49451871 KB Kroměříž, číslo účtu: 2002-691/0100
Společnost je zapsána v obchodním rejstříku, vedeném Krajským soudem v Brně v odděle B vložka 1347

Bc. Lenka Šidlíková, DiS.
Zákostelí 243
768 02 Zdounky

Váš dopis značky/ze dne

Naše značka

Vyžuje/ linka
Olšina / 573 336 955

Kroměříž
7. 2. 2012

Věc : Poskytnutí údajů o kvalitě pitné vody z individuálních zdrojů.

Na základě Vaší žádosti o poskytnutí údajů týkajících se kvality vody Vám sdělují, že požadované kvalitativní ukazatele pitné vody z individuálních zdrojů kroměřížského regionu Vám mohou být poskytnuty, ale bez uvedení jména zadavatele rozboru, pouze s udáním lokality místa odběru vzorku.

Ing. Ladislav Lejsal
ředitel akciové společnosti