

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko – technologická

**Výskyt patogenních a podmíněně
patogenních mikroorganismů ve vodách**

Denisa Němcová

Bakalářská práce

2013

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Denisa Němcová**
Osobní číslo: **C09296**
Studijní program: **B3912 Speciální chemicko-biologické obory**
Studijní obor: **Zdravotní laborant**
Název tématu: **Výskyt patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů ve vodách**
Zadávající katedra: **Katedra biologických a biochemických věd**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Na úvod popište jednotlivé druhy vod (např. pitná, odpadní, povrchová, atd.) s ohledem na výskyt jednotlivých skupin mikroorganismů. Uveďte mikrobiologické ukazatele pro jednotlivé druhy vod na základě normy ČSN ISO.
2. Vypracujte literární rešerši na popis hlavních zástupců patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů (taxonomie, patogeneze, onemocnění).
3. Prostudujte odbornou literaturu a uveďte, zdali jsou známa onemocnění či problémy po požití kontaminované vody a uveďte původce onemocnění.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **dle potřeby**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petra Mořková, Ph.D.

Katedra biologických a biochemických věd

Datum zadání bakalářské práce: **13. prosince 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. července 2013**



prof. Ing. Petr Lošťák, DrSc.
děkan

L.S.



doc. RNDr. Zuzana Bílková, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2013

Prohlášení:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 21. 7. 13

.....
Denisa Němcová

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala mé vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Motkové, Ph.D. za navržení dobrého tématu ke zpracování, za poskytnutí materiálů, trpělivost a rady, jež mi při vypracovávání této práce velmi pomohly. Především bych chtěla ovšem poděkovat své rodině a přátelům, kteří mi po celou dobu studia poskytovali psychickou oporu.

Anotace:

Bakalářská práce se zabývá výskytem mikroorganismů ve vodách. První část práce se zabývá mikrobiologickými požadavky na vodu, jejími úpravami (dezinfekce) a poskytuje přehled významných mikroorganismů v pitné vodě. V druhé polovině práce se podrobněji věnuje popisu rodů *Legionella spp.*, *Aeromonas spp.*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium spp.*

Klíčová slova: pitná voda, *Legionella spp.*, *Aeromonas spp.*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium spp.*

Title: Occurrence of pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms in water

Annotation:

This thesis deals with the occurrence of microorganisms in water. The first part deals with the microbiological requirements for water, treatment (disinfection) and provides an overview of important microorganisms in drinking water. The second part of the work describes *Legionella spp.*, *Aeromonas spp.*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium spp.*

Keywords: drinking water, *Legionella spp.*, *Aeromonas spp.*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium spp.*

Seznam zkratek

AA	Aeromonas agar
ACE	N-2-acetamino-2-aminoetansulfonová kyselina
CIN	Cefsulodin-irgasan-novobiocinový agar
CT	Cholera toxin
DBPs	Vedlejší dezinfekční produkty (Disinfection by-products)
DC	Deoxycholát citrátový agar
DFA	Přímé fluorescenční barvení protilátek (Direct fluorescent antibody)
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EWGLI	Evropská pracovní skupina pro legionelózu (European Working Group for Legionella Infections)
FISH	Fluorescenční in situ hybridizace (Fluorescent in situ hybridisation)
HE	Hektoen agar (Hektoen enteric agar)
HPC	Heterotrofní mikroorganismy (Heterotrophic plate count)
Hsp60	Protein tepelného šoku (Heat shock protein)
LPS	Lipopolysacharidy
MAC	<i>Mycobacterium avium complex</i>
MAP	<i>M.avium subsp. paratuberculosis</i>

MOMP	Hlavní vnější membránový protein (Major outer membrane protein)
NTM	Non-tuberkulózní mykobakterie Nontuberculous mycobacteria
PCR	Polymerázová řetězová reakce (Polymerase chain reaction)
RNA	Ribonukleová kyselina
SS	Salmonella Shigella agar
TCBS	Agar s thiosulfátem, citrátem, žlučí, sacharózou
TCP	Koregulační toxinový pilus
UV	Ultrafialové záření
VBNC	Životaschopné, ale nekultivovatelné buňky bakterií Viable but nonculturable
XLD	Agar s Xylózou, Lysinem a Deoxycholátem

Obsah

1. Úvod	11
2. Kontrola kvality vody	12
2.1. Indikátorové organismy pro sledování bakterií	12
2.2. Ukazatele kvality pitné vody	13
2.3. Hygienicky významné mikroorganismy v systémech pitné vody	14
2.4. Legislativa a mikrobiologické ukazatele jakosti vod	17
2.5. Kultivační metody	17
2.6. Rekultivace vody	17
2.7. Dezinfekce vody	18
2.8. Přenos infekce	19
3. Legionely	21
3.1. Epidemiologie	21
3.2. Charakteristika	21
3.3. Patogenita pro lidi	21
3.4. Výskyt	22
3.5. Interakce legionela - protozoa	23
3.6. Diagnostika	23
3.7. Faktory ovlivňující růst legionel	24
3.8. Formy onemocnění	25
3.8.1. Pontická horečka	25
3.8.2. Legionářská nemoc	25
3.9. Prevence	26
4. Aeromonas	27
4.1. Charakteristika	27
4.2. Výskyt	27
4.3. Faktory virulence	28
4.4. Diagnostika	28
4.5. Onemocnění	29
5. Vibrio	31
5.1. Charakteristika	31
5.2. Faktory virulence	31
5.3. Onemocnění	32
5.4. Prevence	33
6. Mykobakterie	34

6.1. Charakteristika	34
6.2. Výskyt.....	34
6.3. Komplex <i>Mycobacterium avium</i> (MAC)	35
6.3.1. Onemocnění.....	35
6.4. Snížení počtu mykobakterií	36
7. Závěr	37
Seznam použité literatury	38
Seznam tabulek	48
Seznam obrázků	49

1. Úvod

Voda je nezbytnou součástí našeho života. Přítomnost patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů ve vodách představuje velká zdravotní rizika po celém světě. Mezi mikroorganismy, jež často způsobují onemocnění prostřednictvím vody, patří *Legionella spp.*, *Aeromonas spp.*, *Vibrio cholera* a *Mycobacterium spp.* Nejdůležitějším krokem při výrobě pitné vody je dezinfekce, jež zahrnuje použití velmi reaktivních toxických látek, které odstraní co největší množství mikroorganismů a zabrání tak vzniku různých průjmových a jiných onemocnění.

2. Kontrola kvality vody

Bezpečnost a dostupnost pitné vody jsou závažným problémem na celém světě. Konzumace vody kontaminované infekčními agens a toxickými chemikáliemi představuje významné zdravotní riziko a je silně spojena s úmrtností.

Přítomnost mikrobů v pitné vodě v důsledku znečištění zvířecími a lidskými exkrementy představuje nejčastější a nejrozšířenější zdravotní rizika spojená s celosvětovou spotřebou vody. Přijímání těchto mikrobiálních agens může způsobit různá závažná lidská onemocnění, z nichž většina se projeví jako silný průjem. Světová zdravotnická organizace (WHO) odhaduje, že většina (88%) průjmových onemocnění po celém světě připadá na pití vody kontaminované patogenními původci. Podle normy pro pitnou vodu z Číny (GB 5749 - 2006 a GB 8537 - 2008), Evropy (směrnice Rady 98/83/ES) a Spojených států amerických (EPA 822-R-06-013), jsou nejčastěji nacházejícími se patogeny v kontaminované pitné vodě patogenní kmeny *Escherichia coli*, enterokoky spp. *Pseudomonas aeruginosa*, *Cryptosporidium* spp., *Giardia lamblia* a *Legionella* spp. Kromě toho Směrnice pro kvalitu pitné vody (WHO, třetí vydání) uvádí následující patogeny jako potenciální původce onemocnění ve spojitosti s pitnou vodou: *Acinetobacter* spp, *Aeromonas* spp, *Bacillus* spp., *Burkholderia pseudomallei*, *Campylobacter* spp., *Helicobacter pylori*, *Klebsiella* spp., *Mycobacterium* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Tsukamurella* spp., *Vibrio* spp. a *Yersinia* spp. (Guangpeng et al. 2011).

2.1. Indikátorové organismy pro sledování bakterií

Indikátorové organismy se používají k posouzení mikrobiologické jakosti pitné vody. Ideální indikátor pitné vody má následující atributy: je vhodný pro všechny druhy pitné vody; je přítomen v odpadní vodě a znečištěných vodách v mnohem vyšších hustotách, než fekální patogeny; jeho doba přežití ve vodě je přinejmenším stejná jako u vodních patogenů; je odolný proti dezinfekci přinejmenším jako vodní patogeny; je snadno detekován jednoduchými, levnými, laboratorními testy v co nejkratším čase s přesnými výsledky; je stabilní

a nepatogenní; obecně není přítomen ve vodách, jež nebyly kontaminovány výkaly savců.

Mezi indikátory, jež jsou obecně používány na celém světě, patří celkové počty koliformních bakterií, fekální koliformní bakterie, a/nebo *Escherichia coli* (Berger et al. 2009).

2.2. Ukazatele kvality pitné vody

Heterotrofní bakterie jsou široce používány jako ukazatele kvality pitné vody. Počty těchto organismů jsou obecně označovány jako heterotrofní, standardní nebo celkové počty bakterií. Pro kultivaci těchto organismů se používají non-selektivní média bohatá na živiny, jež podporují množení pro nejširší spektrum bakterií, které může zahrnovat i další organismy, jako jsou kvasinky. Plotny se inkubují obecně 24-48 hodin, při teplotě v rozmezí 20 až 37°C. Heterotrofní mikroorganismy se získají spočítáním všech bakteriálních kolonií za stanovených podmínek a slouží k posouzení kvality ošetřených dodávek pitné vody (Tab. 1). Stanovením se nezjistí všechny kultivovatelné mikroorganismy ve vodě. Mezi bakterie, které nedokážou produkovat viditelné kolonie v rámci příslušných podmínek, patří velká skupina mykobakterií. Tato skupina zahrnuje složku známou jako *Mycobacterium avium komplex* (MAC) (Pavlov et al. 2004).

Tabulka 1: Hlavní rody nebo skupiny bakterií izolované při stanovení celkových počtů bakterií (upraveno dle Mossel a Struijk, 2004)

Gram-negativní, nefermentující, tyčinkovité bakterie
Acinetobacter
Brevundimonas (rRNA skupiny IV)
Burkholderia (rRNA skupiny II)
Comamonas (rRNA skupiny III)
Flavobacter
Moraxella
Pseudomonas (rRNA skupiny I)
fluorescentní druhy
nefluorescentní druhy
Psychrobacter
Shewanella
Sphingomonas
Stenotrophomonas (rRNA skupiny V)
Gram-negativní, fermentující, tyčinkovité bakterie
Aeromonas
Enterobacteriaceae
Buttiauxella
Leclercia
Rahnella
Vibrio
Gram-pozitivní bakterie
Bacillus
Kataláza pozitivní koky
Corynebacterium
Enterococcus

2.3. Hygienicky významné mikroorganismy v systémech pitné vody

Pitná voda je distribuována prostřednictvím složitých potrubních systémů poté, co byla ošetřena v čistírnách odpadních vod. I když je tato voda přísně ošetřena, stále zůstává riziko vzniku vodou přenášených onemocnění v rozvinutých zemích (Lee et al. 2010).

Můžeme rozlišit dvě skupiny hygienicky významných mikroorganismů: první skupina zahrnuje mikroorganismy s patogenními vlastnostmi, které se ukázaly být spojovány s nemocemi, jež souvisí s vodou. Do druhé skupiny můžeme zařadit bakterie používající se jako indikátorové organismy v analýze vody a signalizující přítomnost patogenních organismů fekálního původu, nebo poukazují na efektivnost procesů úpravy vody a integritu rozvodů vody.

Obligátní vodní patogeny, to jsou ty, které způsobují nemoc u lidí nezávisle na jejich zdravotním stavu, jsou obvykle fekálního původu (Tab. 2). Ostatní jsou oportunní patogeny, které způsobují onemocnění u citlivých podskupin lidí, jako jsou senioři, děti, imunokompromitovaní jedinci, pacienti s již existujícím onemocněním nebo lidé s jinými predispozicemi, které usnadňují vznik infekcí těmito organismy (Wingender a Flemming, 2011).

Tabulka 2: Přehled vodních patogenů v rozvojových zemích – výskyt a onemocnění, jež způsobují (upraveno dle Ashbolt 2004)

Název mikroorganismu	Hlavní onemocnění	Primární zdroje mikroorganismů
Bakterie		
Salmonella typhi	Tyfoidní horečka	Lidské výkaly
Salmonella paratyphi	Paratyfoidní horečka	Lidské výkaly
Ostatní salmonely	Salmonelózy	Lidské a zvířecí výkaly
Shigella spp.	Bakteriální úplavice	Lidské výkaly
Vibrio cholera	Cholera	Lidské výkaly a sladkovodní zooplankton
Enteropathogenní E.coli	Gastroenteritidy	Lidské výkaly
Yersinia enterocolitica	Gastroenteritidy	Lidské a zvířecí výkaly
Campylobacter jejuni	Gastroenteritidy	Lidské a zvířecí výkaly
Legionella pneumophila a příbuzné bakterie	Akutní respirační onemocnění (Legionelózy)	Termální vody
Leptospira spp.	Leptospirózy	Zvířecí a lidská moč
Různá mykobakteria	Plicní onemocnění	Půda a voda
Oportunní bakterie	Různá	Přírodní vody
Střevní viry		
Enteroviry		
Polio viry	Poliomyelitidy	Lidské výkaly
Coxsackie viry A	Aseptické meningitidy	Lidské výkaly
Coxsackie viry B	Aseptické meningitidy	Lidské výkaly
Echo viry	Aseptické meningitidy	Lidské výkaly
Ostatní enteroviry	Encefalitidy	Lidské výkaly
Rotaviry	Gastroenteritidy	Lidské virally
Adenoviry	Onemocnění horních cest dýchacích a gastrointestinálního traktu	Lidské výkaly
Virus hepatitidy A	Infekční hepatitidy	Lidské výkaly
Virus hepatitidy E	Infekční hepatitidy, potraty až smrt	Lidské výkaly
Norovirus	Gastroenteritidy	Voda
Protozoa		
Acanthamoeba castellani	Amébové meningoencefalitidy	Lidské výkaly
Balantidium coli	Úplavice	Lidské a zvířecí výkaly
Cryptosporidium hominis, C. parvum	Kryptosporidiózy (gastroenteritidy)	Voda, výkaly lidí a savců
Entamoeba histolytica	Amébová úplavice	Lidské a zvířecí výkaly
Giardia lamblia	Giardiózy (gastroenteritidy)	Voda a zvířecí výkaly
Naegleria fowleri	Primární amébové meningoencefalitidy	Teplá voda
Helmiti (hlísty)		
Ascaris lumbricoides (škrkavka dětská)	Askaridóza	Lidské a zvířecí výkaly

2.4. Legislativa a mikrobiologické ukazatele jakosti vod

Vzorky pitné vody se pro kontrolu odebírají tak, aby byly reprezentativní pro jakost pitné vody spotřebovávané během celého roku a pro celou vodovodní síť.

V praxi se provádí dva typy rozborů, a to krácený a úplný (Matoušková a Janout, 2005). Účelem krácených rozborů je získávat pravidelné informace o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úpravy vody, zvláště dezinfekce (pokud je prováděna), mikrobiologické jakosti a organoleptických vlastnostech vody, a to za účelem zjištění, zda jsou dodržovány limitní hodnoty stanovené touto vyhláškou nebo orgánem ochrany veřejného zdraví na základě zákona. Účelem úplných rozborů je získávat informace potřebné ke zjištění, zda limitní hodnoty všech ukazatelů stanovených touto vyhláškou nebo na základě § 4 odst. 6 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění zákona č. 274/2003 Sb. orgánem ochrany veřejného zdraví jsou dodržovány. Předmětem úplného rozboru jsou všechny ukazatele uvedené v příloze č. 1 (s přihlédnutím k poznámkám k těmto ukazatelům uvedeným v téže příloze) s výjimkou případů, kdy je orgánem ochrany veřejného zdraví stanoveno na základě zákona jinak (Vyhláška č.252/2004 Sb.).

2.5. Kultivační metody

Tradiční kultivační metody používané pro mikrobiální detekci a identifikace jsou technicky jednoduché a levné, ale jsou časově náročné a pracné, zejména pokud jsou vzorky testovány na přítomnost několika různých mikroorganismů (Guanpeng et al. 2011). Z důvodu časové náročnosti kultivačních metod dochází k používání metod molekulární biologie: PCR, real-time PCR.

2.6. Rekultivace vody

Zvyšující se poptávka po vodě pro splnění zemědělských, průmyslových, ekologických a komunálních potřeb, rozšířila v posledních desetiletích potřebu opětovného použití vody. Množství vodní rekultivace a jejího opětovného použití v Evropě a po celém světě (např. USA, Austrálie), se značně zvýšilo v tomto století. Jedna z hlavních obav, jež je spojena s opětovným použitím regenerované vody, je mikrobiologická kvalita vody, a tím pádem i možnost šíření chorob, jelikož bylo

zjištěno, že patogenní mikroorganismy nejsou zcela odstraněny sekundárním čištěním odpadních vod. Je k dispozici mnoho dokumentů, které se zabývají všemi aspekty recyklace vody (Levantesi et al. 2010).

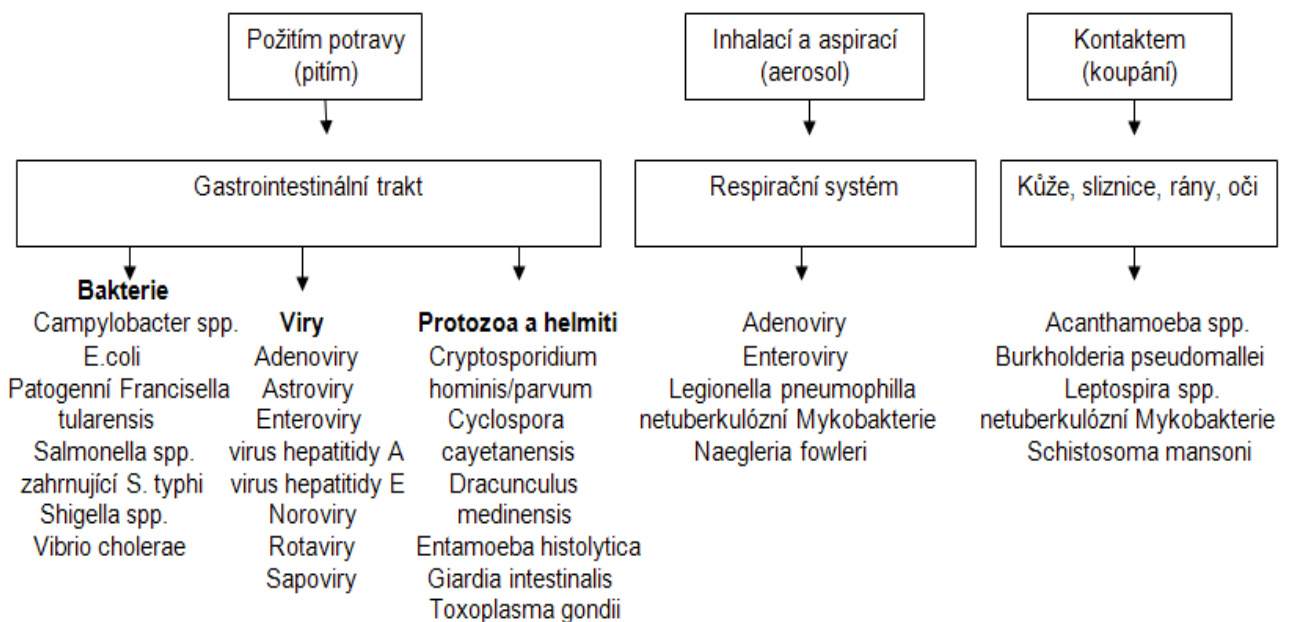
2.7. Dezinfekce vody

Bezpochyby nejdůležitějším krokem při výrobě pitné vody je dezinfekce. Vodou přenášené nemoci a úmrtí související s vodou jsou stále problémem v rozvojových zemích. Průjmová onemocnění jsou jedním z nejdůležitějších zdravotních problémů, jež jsou spojovány s vodními patogeny. Zničení patogenních mikroorganismů v pitné vodě je nezbytné v boji proti těmto chorobám. Dezinfekce pitné vody zahrnuje použití velmi reaktivních chemických látek (Van Leeuwen 2000). Historicky prvním a stále nejrozšířenějším dezinfekčním činidlem je chlor. Dezinfekční účinnost a oxidační schopnosti chloru jsou velmi dobré, avšak jeho působením vzniká široké spektrum vedlejších produktů. Tyto látky jsou pro vysokou toxicitu závažným zdravotním rizikem. Nejčtenějšími látkami jsou trihalogenmetany a haloctové kyseliny. Použijeme-li jiná dezinfekční činidla, můžeme tvorbu těchto vedlejších produktů omezit (chloraminace, ozonizace) nebo úplně vyloučit (oxid chloričitý, UV záření) (Praus 2003).

2.8. Přenos infekce

Každý mikroorganismus způsobuje onemocnění jinou cestou a využívá různé brány pro vstup do organismu hostitele. Následující tabulka 3 třídí mikroorganismy do skupin podle toho, jakým způsobem vyvolávají infekce. Tabulka 4 uvádí přehled patogenů přenášených vodou dle WHO.

Tabulka 3: Cesty přenosu vodních patogenů (upraveno dle WHO 2011)



Tabulka 4: Patogeny přenášené pomocí vody (upraveno dle WHO 2011)

Patogen	Zdravotní význam	Perzistence ve vodních zásobách	Odolnost k chlóru	Relativní infekčnost	Výskyt ve zvířatech
Bakterie					
Burkholderia pseudomallei	Velký	Může se množit	Malá	Malá	Ne
Campylobacter jejuni, C. coli	Velký	Střední	Malá	Střední	Ano
Patogení Escherichia coli	Velký	Střední	Malá	Malá	Ano
Enterohemoragická Escherichia coli	Velký	Střední	Malá	Vysoká	Ano
Francisella tularensis	Velký	Dlouhá	Střední	Vysoká	Ano
Legionella spp.	Velký	Může se množit	Malá	Střední	Ne
Leptospira	Velký	Dlouhá	Malá	Vysoká	Ano
Netuberkulózní mykobakterie	Malý	Může se množit	Vysoká	Malá	Ne
Salmonella typhi	Velký	Střední	Malá	Malá	Ne
Ostatní salmonely	Velký	Můžou se množit	Malá	Malá	Ano
Shigella spp.	Velký	Krátká	Malá	Vysoká	Ne
Vibrio cholerae	Velký	Krátká až dlouhá	Malá	Malá	Ne
Viry					
Adenoviry	Střední	Krátká	Střední	Vysoká	Ne
Astroviry	Střední	Krátká	Střední	Vysoká	Ne
Enteroviry	Velký	Krátká	Střední	Vysoká	Ne
Virus hepatitidy A	Velký	Krátká	Střední	Vysoká	Ne
Virus hepatitidy E	Velký	Krátká	Střední	Vysoká	Potenciální
Noroviry	Velký	Krátká	Střední	Vysoká	Potenciální
Rotaviry	Velký	Krátká	Střední	Vysoká	Ne
Sapoviry	Velký	Krátká	Střední	Vysoká	Potenciální
Protozoa					
Acanthamoeba spp.	Velký	Může se množit	Vysoká	Vysoká	Ne
Cryptosporidium hominis/parvum	Velký	Dlouhá	Vysoká	Vysoká	Ano
Cyclospora cayetanensis	Velký	Dlouhá	Vysoká	Vysoká	Ne
Entamoeba histolytica	Velký	Střední	Vysoká	Vysoká	Ne
Giardia intestinalis	Velký	Střední	Vysoká	Vysoká	Ano
Naegleria fowleri	Velký	Může se množit	Malá	Střední	Ne
Helmiti					
Dracunculus medinensis	Velký	Střední	Střední	Vysoká	Ne
Schistosoma spp.	Velký	Krátká	Střední	Vysoká	Ano

3. Legionely

3.1. Epidemiologie

V rámci Evropy jsou legionelózy sledovány Evropskou pracovní skupinou pro legionelózu (EWGLI), založenou v roce 1986. I když legionelóza podléhá ohlašovací povinnosti ve všech členských státech EU, odhaduje se, že zjištěno a hlášeno je méně než 5% všech případů. Frekvence výskytu v jednotlivých zemích kolísá od 1 do 30 onemocnění na milión obyvatel.

V ČR je legionelóza statisticky sledována a povinně hlášena v databázi infekčních onemocnění Epidat. Ročně je v ČR hlášeno 10 až 20 případů legionelózy, cca 1 až 3 případy na milion obyvatel, což je počet v rámci Evropy velmi nízký (Petrovová 2010).

3.2. Charakteristika

Legionely patří do čeledi *Legionellaceae* a jsou obvykle pohyblivé pomocí jednoho nebo více polárních nebo subpolárních bičíků (Botzenhart et al. 2003). Jsou to Gram-negativní, aerobní, tyčinkovité bakterie, které měří 0.5 μ m na šířku a 2 μ m na délku (Steinert et al. 2002). In vitro dorůstají přibližně 2-6 μ m, ale mohou tvořit vlákna až 20 μ m a více dlouhá. Bakterie jsou nesporulující (Botzenhart et al. 2003), neopouzďené (Buchbinder et al. 2002).

Rod *Legionella* má v současné době nejméně 50 druhů a zahrnuje 70 rozdílných séroskupin. K dispozici je 16 séroskupin *L. pneumophila* (Bartram 2007), z nichž séroskupiny 1, 4 a 6, mají největší podíl na vzniku lidských infekcí. Nejdůležitější non-pneumophila druhy způsobující lidské infekce jsou *L. micdadei*, *L. bozemanii*, *L. dumoffii*, *L. gormanii*, a *L. longbeachae* (Buchbinder et al. 2002).

3.3. Patogenita pro lidi

Povrchové struktury hrají důležitou roli v patogenitě legionely. Přichycení, po němž následuje průnik bakterie do hostitelské buňky, je rozhodujícím krokem v infekčním cyklu. Spolu s bičíky a pili, jsou i některé bakteriální povrchové proteiny

zapojeny do přilnavosti a vstupu legionely do alveolárních makrofágů a prvoků. Mezi tyto proteiny patří hlavní vnější membránový protein (MOMP), protein tepelného šoku (Hsp60), protein zodpovědný za hlavní nakažlivost.

K dnešnímu dni byly nemoci způsobené legionelami zjištěny téměř výhradně u lidí, ale některá zvířata (např. morčata, potkani, myši, opice) jsou náchylná k experimentální infekci. Přenos mezi zvířaty nebyl prokázán (Botzenhart et al. 2003). Neexistuje žádný důkaz o přenosu legionářské nemoci či pontiacké horečky z osoby na osobu (Bartram 2007)

Infekční dávka pro člověka může být velmi nízká – onemocnění může způsobit i jediný organismus, protože aerosol kontaminovaný legionelou může způsobovat onemocnění až na vzdálenost 3,2 km (Botzenhart et al. 2003).

Legionelové infekce mohou vznikat u oslabených jedinců po inhalaci, respektive aspiraci kontaminované vody v podobě aerosolu v klimatizovaných prostorech, ze zvlhčovačů a jiných zařízeních v nemocnicích, hotelích, halách, a pod. (Špaleková 2005).

Vdechnutí aerosolu je považováno za nezbytné pro vypuknutí plicního onemocnění, ale požití kontaminované vody, ledu a potravin, bylo také zaznamenáno jako cesta vzniku infekce v některých případech (Botzenhart et al. 2003).

3.4. Výskyt

L. pneumophila žije ve sladké vodě (Delaedt et al. 2008). Mořská voda není příznivým prostředím pro růst *Legionella spp.* Předpokládá se, že chlorid sodný má inhibiční účinek na růst *L. pneumophila* (Pond 2005). Legionely jsou kosmopolitně rozšířeny v přírodním vodním prostředí. Jsou schopny existovat ve vodách různých teplot, pH a obsahu živin a kyslíku, jsou nacházeny i v půdě a kompostu (Petrovová 2010). Legionely se šíří především v biofilmech. Zvýšená teplota, anorganické a organické složky vody a přítomnost prvoků jako hostitelů, hrají významnou roli v jejich růstu a šíření (Steinert et al. 2002).

3.5. Interakce legionela - protozoa

Charakteristickým rysem legionel je jejich schopnost se množit uvnitř prvoků. Prvoci, kteří podporují růst legionel, jsou druhy *Acanthamoeba*, *Hartmanella*, *Naegleria*, *Echinamoeba*, *Vahlkampfia*, a *Tetrahymena* (Botzenhart et al. 2003). Prvoci poskytují nejen živiny pro intracelulární legionely, ale také představují úkryt před nepříznivými environmentálními podmínkami. Zejména uvnitř cyst *Acanthamoeba* jsou bakterie schopny přežít vysoké teploty, desinfekční postupy a sušení. Podobně jako u řady dalších gramnegativních bakterií je legionela schopna vstoupit do stadia životaschopnosti, ale nekultivovatelnosti (VBNC). Pomocí různých modelových systémů bylo zjištěno, že interakce bakterií *Legionella* a prvoků přispívá k samotnému infekčnímu procesu. Interakce *L. pneumophila* a prvoků byla analyzována na buněčné a molekulární úrovni. Tyto výsledky ukazují, že *L. pneumophila* má pili typu IV, které mohou být zapojeny do adherence legionel do hostitelských buněk nebo biofilmů (Steinert et al. 2002).

3.6. Diagnostika

Infekce způsobené legionelou nemají žádné specifické klinické příznaky, které by odlišily tuto infekci od zápalu plic nebo lokalizované infekce jiného původu. Definitivní diagnóza legionelové infekce se provádí na základě zvýšení sérové koncentrace protilátek, detekce antigenů v moči; detekce bakterií v plicní tkáni, nebo ve sputu či jiných sekretech, přímou imunofluorescenční mikroskopií; kultivace bakterií legionela z respiračních sekretů, bronchoalveolárních laváží, pleurální tekutiny; detekce nukleové kyseliny legionel pomocí DNA sond nebo polymerázové řetězové reakce (PCR) (Botzenhart et al. 2003).

Detekce legionelových infekcí zůstává problematická. Organismus je nutričně náročný a neroste na běžných médiích (Buchbinder et al. 2002). Standardní média jsou komplexní, skládají se z kvasničného extraktu a organického pufru (ACE = N-2-acetamino-2-aminoetansulfonové kyseliny), jež udržuje hodnotu pH 6,9 a dále z hydroxidu draselného. Doplnkový L-cystein a rozpustné železo ve formě solí pyrofosforečnanu, jsou nezbytné pro jejich růst. Organismy rostou nejlépe v přítomnosti α -ketoglutarátu, jež je také dodáván jako potravinový substrát (Engleberg 2009). Výhodou kultivace je získání životaschopných buněk legionel

s možností jejich další podrobné identifikace a kvantitativního zhodnocení. Nevýhodou je dlouhá doba vyšetření (až 10 dní) a nižší senzitivita metody pro jiné druhy legionel než *Legionella pneumophilla* (Petrovová 2010).

Rychlá a specifická detekce legionel je rozhodující pro snížení úmrtnosti legionelových infekcí. Mortalita se pohybuje v rozsahu 50 až 8% bez antibiotické léčby. Naproti tomu, adekvátní terapie snižuje tuto hodnotu na $5 \pm 10\%$. Společné rychlé diagnostické testy používané pro detekci *Legionella pneumophila* jsou přímé fluorescenční barvení protilátek (DFA) a polymerázová řetězová reakce (PCR). Další rychlá metoda pro identifikaci mikrobiálních buněk bez kultivace je fluorescenční hybridizace in situ (FISH), která používá oligonukleotidové sondy zaměřené na 16S rRNA cílové buňky (Buchbinder et al. 2002).

Buchbinder et al. 2002 ve své studii uvedl, že PCR má vysokou citlivost (96%), ale nízkou specifitu (47%), na rozdíl od FISH, jež má nižší citlivost (67%), ale vyšší specifitu (72%) než PCR. Na závěr lze říci, že neexistuje žádný jediný laboratorní test v současné době, který by detekoval všechny infekce způsobené *L. pneumophila* nebo jinými druhy legionel (Botzenhart et al. 2003).

3.7. Faktory ovlivňující růst legionel

Průtok a stagnace vody, potrubní materiály, stupeň koroze potrubí, smykové napětí jsou známými faktory upřednostňující růst *Legionella spp.*, zatímco o vlivu vlastností vody, jako je koncentrace stopových prvků a tvrdost na růst legionel se diskutuje. Železo je potřebné pro laboratorní růst bakterie *Legionella*, slouží jako kofaktor enzymů a je důležitý pro vznik legionelové infekce. Měď je dobře známý anti-infekční element a metody založené na aplikaci mědi a stříbra byly úspěšně použity pro kontrolu kontaminace vody způsobené legionelami (Bargellini et al. 2011).

Legionely byly izolovány z teplovodních systémů o teplotě $66\text{ }^{\circ}\text{C}$, avšak při teplotách nad $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ jsou zničeny téměř okamžitě (Bartram 2007). Legionely jsou schopny reprodukce při teplotě mezi $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Huang et al. 2010), s optimálním teplotním rozsahem $32\text{ až }42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jakmile teplota klesne pod $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, reprodukční rychlost bakterií klesá, při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ je nárůst počtu bakterií malý či žádný

(Bartram 2007). Ohno et al. (2003) zjistili, že optimální pH pro legionely ve vodním prostředí je v rozmezí 6 - 8 (Huang et al. 2010).

3.8. Formy onemocnění

Legionelóza je obecný název pro všechny formy infekce způsobené bakteriemi rodu legionela. Jedná se o akutní bakteriální multisystémové onemocnění s variabilním průběhem od asymptomatických forem přes chřipkové onemocnění až k rychle progredující plicní infekci komplikované respirační insuficiencí a multiorgánovým selháním s vysokým úmrtím. Podle klinického obrazu a závažnosti se rozlišují 2 formy legionelózy (Petrovová 2010).

3.8.1. Pontiacká horečka

Pontiacká horečka je akutní chřipkové onemocnění bez zápalu plic. Na rozdíl od legionářské nemoci má vysokou míru zasažení, ovlivňuje až 95% exponovaných jedinců (Bartram 2007). Pontiacká horečka postihuje děti a zdravé dospělé stejně často jako imunokompromitované jedince. Při vypuknutí choroby jsou často zvýšené sérové protilátky (Botzenhart et al. 2003). Průběh onemocnění je benigní, potíže odezní i bez léčby za 2-5 dní, mortalita je nulová (Petrovová 2010). Inkubační doba je 1-2 dny (Pond 2005). Léčba je podpůrná a zaměřená na zmírnění příznaků, komplikace se vyskytují vzácně (Bartram 2007).

3.8.2. Legionářská nemoc

Je to atypická pneumonie s vysokou smrtností zejména u neléčených osob s oslabenou imunitou (Petrovová 2010). Legionářská nemoc postrádá charakteristické příznaky nebo známky onemocnění a ne u každého organismu, jež byl vystaven legionelám, se vyvinou symptomy onemocnění (Bartram 2007). Odhaduje se, že legionelóza postihuje 25 000 - 100 000 osob ročně ve Spojených státech (Steinert et al. 2002).

Legionářská nemoc je obvykle způsobena *L. pneumophila*, avšak v některých případech může být zapojen jeden nebo více organismů, což má za

následek smíšené (polymikrobiální) infekce. Kultivační metody odhalily široké spektrum organismů, včetně aerobních bakterií (ty, které vyžadují volný nebo rozpuštěný kyslík, jako je například *Mycobacterium tuberculosis*), anaerobní bakterie (ty, jež k růstu nepotřebují kyslík), viry a plísňe (Bartram 2007).

Typickými příznaky legionářské nemoci jsou únava, horečka, závažná bolest hlavy, bolest svalů, zimnice, zarudnutí očí, bolest břicha, žloutenka, krvácení na kůži a sliznicích, zápal plic, zvracení, těžká vyčerpanost a zmatenost. Průjem, se vyskytuje u 50 % pacientů a téměř 25 % pacientů vykazuje změny mentálního stavu. Respirační selhání je jednou z hlavních příčin úmrtí u pacientů s legionářskou nemocí (Pond 2005). Dále bývá přítomen rychlý nástup anorexie, malátnost, rychle rostoucí horečka, postupující zápal plic (International Travel and Health 2012). Inkubační doba legionářské nemoci je 2 až 10 dnů (Diederer 2007).

3.9. Prevence

Aby byla zaručena nepřítomnost legionel ve vodních systémech, jsou následující tři faktory považovány za důležité: musí být zabráněno vstupu legionel do systému, teplovodní systémy musí být udržovány při takových vysokých teplotách, aby se zabránilo růstu a množení a v neposlední řadě musí být zajištěna nepřetržitá cirkulace dodávek teplé vody, čímž se zabrání možné stagnaci (Peiró et al. 2005).

Mezi používané metody pro ošetření vody patří přehřátí, použití chlordioxidu (Marchesi et al. 2011), ozónu, monochloraminu, ionizace ionty mědi a stříbra, ultrafialové světlo a hyperchlorace. Ozon sám o sobě není účinný pro regulaci *Legionella spp.* ve vodních systémech, ionizace ionty mědi a stříbra je potenciálně efektivní, za předpokladu, že je dosaženo dostatečné koncentrace iontů, což nemusí být vždy možné z důvodu omezení stanovených vodních národních předpisů (Blanc et al. 2005). Monochloramin je považován za účinnější než volný chlor při kontrole kontaminace legionelami pro svou schopnost lépe pronikat biofilmy. Jakmile byl ovšem vodní systém kolonizován bakterií *Legionella*, její odstranění je obvykle nedosažitelné (Marchesi et al. 2012).

4. Aeromonas

4.1. Charakteristika

Aeromonády jsou Gram-negativní, nesporulující, tyčinkové (Sartory 2003), oxidáza a kataláza pozitivní (Parker a Shaw, 2011), fakultativně anaerobní bakterie, které se vyskytují všude a především ve vodním prostředí (Sartory 2003).

Rod *Aeromonas* prošel během posledních 15 let řadou taxonomických a nomenklaturních revizí. Původně byl rod *Aeromonas* začleněn do čeledi *Vibrionaceae*. Na základě odlišných vlastností byl tento rod přesunut do čeledi *Aeromonadaceae* (Abulhamd 2009). Rod zahrnuje alespoň 13 genotypů, mezi nimiž je mezofilní *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. sobria*, *A. veronii* a *A. schubertii* a nepohyblivá, psychofilní *A. salmonicida*. V současné době se rod skládá ze 17 DNA hybridizačních skupin, jež obsahují řadu genotypů a fenotypů (Sartory 2003).

Rod je rozdělen do dvou skupin. Skupina psychofilních nepohyblivých aeromonád se skládá pouze z jednoho druhu, *A. salmonicida*, což je obligátní rybí patogen. Skupina mezofilních pohyblivých aeromonád (bakterie obsahují jeden bičík) je považována za potenciálně významné pro lidské zdraví a skládá se z druhů *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. veronii subsp. sobria*, *A. jandaei*, *A. veronii subsp. veronii* a *A. schubertii* (WHO 2011).

4.2. Výskyt

Aeromonády se vyskytují ve vodě, půdě, potravinách, lidských a zvířecích výkalech. Je možné, že některé druhy aeromonád v životním prostředí mohou převažovat a vyvolávat u člověka onemocnění častěji než ostatní druhy (Korkoca et al. 2013). Aeromonády mohou být izolovány z různých vodních prostředí včetně čerstvé, povrchové nebo podzemní vody, ale i z balené vody (Nováková a spol. 2009).

Distribuce jednotlivých druhů významně souvisí s úrovní fekálního znečištění ve vodách. *Aeromonas caviae* převládá v odpadní vodě a ve vodách

s vysokým stupněm fekálního znečištění. *Aeromonas hydrophila* je široce rozšířena v sladké i slané vodě a může se nacházet také v potravinách, upravené pitné nebo užitkové vodě a ve vodních zásobovacích nemocničních systémech. Výskyt *A. hydrophila* je pravděpodobně důsledkem vysoké schopnosti přizpůsobit se nejrůznějším podmínkám prostředí a to v důsledku genetické a fenotypové rozmanitosti (Abulhamd 2009).

4.3. Faktory virulence

V několika studiích bylo prokázáno, že kmeny *A. hydrophila* obsahují lektiny a adheziny, které umožňují udržování na epiteliálních površích a na sliznici střeva. Druhy *Aeromonas* jsou schopné exprimovat několik extracelulárních toxinů a enzymů. Primárně vznikajícími toxiny jsou hemolysiny, z nichž nejvýznamnější je aerolysin, což je tepelně labilní beta-hemolysin, který vykazuje aktivitu fosfolipázy A a C. Jedná se cytolyzin tvořící póry do lipidové dvojvrstvy buněčných membrán a tím způsobuje únik cytoplazmatického obsahu (Sartory 2003).

4.4. Diagnostika

Izolace aeromonád je poměrně jednoduchá. Dobře rostou na MacConkeyho agaru, XLD, HE, SS, DC, CIN – alternativní médium je *Aeromonas* agar (AA). Dále můžeme použít TCBs – zde je jako substrát sacharóza a aeromonády variabilně zkvašují sacharózu - kolonie se mohou objevit buď zelené, nebo žluté, v závislosti na druhu. Na krevním agaru způsobují hemolýzu (Obr. 1). Je možno provádět identifikaci aeromonád komerčními systémy nebo lze použít molekulární identifikaci (Janda et al. 2010).



Obrázek 1: Kultivace *Aeromonas spp.*

Popis obrázku: *Aeromonas spp.* Na krevním agaru,

http://apa.uoit.ca/virtuallab/index.php?id=L6_19 [cit. 2.7.2013]

4.5. Onemocnění

Aeromonády mohou infikovat člověka prostřednictvím pitné vody a způsobovat různé infekce. Taktéž jejich existence ve zvířatech je posuzována jako potenciální riziko pro lidské zdraví (Korkoca et al. 2013).

Dostupné důkazy ukazují, že lidé jsou obecně ovlivněni střevními aeromonádami, a že aeromonády mohou být přirozenou součástí střevní mikroflóry, a to buď přechodně, nebo déle. Množství faktorů, včetně věku, imunokompetence, infekční dávky, základního onemocnění a přítomnosti dostatečných faktorů virulence u napadení organismu, ovlivňují schopnost *Aeromonas spp.* způsobit onemocnění (Sartory 2003). Způsobují bakteriální hemoragické septikémie a epizootický vředový syndrom mnoha sladkovodních a mořských živočichů. *A. hydrophila* infikuje širokou škálu zvířat, včetně savců, a je častou příčinou nemocí u teplovodních ryb na celém světě (Harikrishnan et al. 2005).

Pohyblivé aeromonády mohou způsobit různé infekce u člověka především jako gastroenteritida, infekce v ráně, systémové infekce (Korkoca et al. 2013), primární a sekundární sepse u imunokompromitovaných osob a dále onemocnění, jako je zánět pobřišnice, meningitidy, infekce oka, kloubů a kostí (Abulhamd 2009). *A. hydrophila*, *A. veronii* biovar *sobria*, *A. caviae*, *A. jandaei*, *A. veronii* biovar *veronii*, *A. schubertii* a *A. trota* byly spojeny s různými lidskými infekcemi, včetně gastroenteritidy, ranné infekce a septicémie. *Aeromonas salmonicida*, nepohyblivá aeromonáda, je etiologická agens bakteriální sepse v rybách, tzv. furunkulóza (Reith et al. 2008).

Aeromonády jsou odolné vůči beta-laktamovým antibiotikům, včetně penicilínů a cefalosporinů. Jsou téměř všeobecně náchylné na fluorochinolony (Janda et al. 2010). Chinolony jsou syntetická antibiotika užívaná jako léky první volby pro léčbu infekcí *Aeromonas* u lidí (Alcaide et al. 2010). Aeromonády jsou citlivé na gentamicin, sulfamethoxazoletrimethoprim, chloramfenikol a jsou rezistentní k novobiocinu a bacitracinu, erytromycinu, streptomycinu (Abulhamd 2009).

5. Vibrio

5.1. Charakteristika

Vibrio cholerae je Gram-negativní, nesporulující, zahnutá tyč, která je oxidáza pozitivní. Je velmi pohyblivá a má jeden polární bičík. Bakterie je fakultativně anaerobní a patří do čeledi *Vibronaceae*. Séroskupiny O1 (klasická a El Tor biotypy) a O139 jsou primárně odpovědné za epidemie cholery. Patogenní séroskupiny produkují toxin cholery (CT), zatímco nepatogenní kmeny mohou nebo nemusí produkovat tento toxin. Některé sérotypy mohou sloužit jako rezervoáry pro genom fágového toxinu cholery (Public health agency of Canada 2010). Bakterie jsou schopné dýchacího a enzymatického metabolismu, což je dobře definováno na základě biochemických zkoušek a studií DNA (Nair et al. 2003).

Mořské plody a voda jsou nejčastějším zdrojem této infekce u lidí. *Vibrio* bylo izolováno ze široké škály vzorků, jako je mořská voda, sedimenty, plankton, ryby a korýši (Maheshwari et al. 2011).

Vibria mají řadu vlastností shodných s enterobakteriemi, například přítomnost tělového antigenu O a bičíkového antigenu H. Podle různých variant lipopolysacharidového antigenu O se *V. cholerae* třídí do séroskupin O1 a non-O1. I když je v současnosti známo více než 200 těchto séroskupin, pouze O1 a O139 jsou spojeny s klinickými případy cholery a mají schopnost vyvolat pandemii. *V. cholerae* O1 se klasifikuje podle tělových antigenů do tří séroskupin (Inaba, Ogawa a Hikojima) a podle specifických fenotypových charakteristik do dvou biotypů (klasického a El Tor) (Husa 2007).

5.2. Faktory virulence

Vibrio cholerae vylučuje cholera toxin (CT), který je zodpovědný za klinické aspekty onemocnění cholery. Dalším významným faktorem virulence je koregulační toxinový pilus (TCP), což je svazek pilí typu IV potřebný pro střevní

kolonizaci *V. cholerae*. Exprese genů virulence *V. cholerae* je regulována kaskádou transkripčních faktorů (Withey a Dirita, 2006).

Po požití bakterie prochází trávicím traktem a setkává se s různými vlivy okolního prostředí, včetně kyselého prostředí v žaludku a toxickými účinky žluči v duodenu. I když tyto faktory slouží jako součást obranného systému hostitele, *V. cholerae* je vůči těmto faktorům rezistentní. Pokud se buňky *V. cholerae* vyskytují v biofilmu, jsou odolnější vůči toxicitě žlučových kyselin ve srovnání s buňkami planktonními (Hung et al. 2006).

Po průchodu kyselou bariérou žaludku organismus kolonizuje epitel tenkého střeva prostřednictvím koregulačních toxinových pilí a případně i dalších kolonizačních faktorů, jako jsou různé hemaglutininy. Cholerový enterotoxin je vylučován přes vnější bakteriální membránu do extracelulárního prostředí a narušuje transport iontů pomocí střevních epiteliálních buněk. Následuje ztráta vody a elektrolytů, což vede k těžkým průjmům, jež jsou charakteristickými známkami cholery (Nair et al. 2003).

5.3. Onemocnění

Vibrio cholerae způsobuje akutní střevní infekce postihující miliony lidí (Giles et al. 2011). Roční výskyt cholery je odhadován na 3-5.000.000 případů, přičemž 100 000 až 120 000 končí smrtí (Media centre: Cholera. WHO [online]. 2012).

Příznaky cholery mohou začít během několika hodin nebo až po pěti dnech. Často jsou tyto příznaky mírné, ale někdy jsou velmi vážné. 1 z 20 nakažených osob má vážný vodnatý průjem doprovázený zvracením, což může rychle vést k dehydrataci. Mezi známky a příznaky dehydratace patří: zrychlený tep, ztráta elasticity kůže, suché sliznice, včetně vnitřku úst, krku, nosu a očních víček, nízký krevní tlak, žízeň, svalové křeče. Pokud se příznaky neléčí, může dojít k dehydrataci, šoku a úmrtí během několika hodin (Edmundson 2012). Infekční dávka se pohybuje mezi 10^6 a 10^{11} bakterií. Závisí na kyselosti žaludku (při nižší hladině kyselosti se snižuje počet bakterií nutných pro vyvolání infekce) (Public health agency of Canada 2010).

Cholera je snadno léčitelné onemocnění. Až 80% lidí lze úspěšně léčit pomocí rychlého podání perorální rehydratační soli. Velmi silně dehydratovaní pacienti vyžadují podávání intravenózních tekutin a odpovídajících antibiotik. Hromadné podávání antibiotik se nedoporučuje, protože nemá vliv na šíření cholery a přispívá ke zvýšení antimikrobiální citlivosti (Media centre: Cholera. WHO [online]. 2012).

5.4. Prevence

Vakcinace perorální nebo intramuskulární vakcínou je možná, ale je používána omezeně pro nízkou spolehlivost a krátkou dobu ochrany. Na vývoji účinnějších vakcín se intenzivně pracuje. Základem ochrany před cholerou je konzumace nezávadné vody a dostatečně tepelně zpracovaných potravin. Jde o stejná doporučení, která se týkají snížení nebezpečí přenosu dalších enterálně přenosných infekcí – hepatitidy A, břišního typu a průjmových onemocnění (Husa 2007).

6. Mykobakterie

6.1. Charakteristika

Rod *Mycobacterium* patří do čeledi *Mycobacteriaceae* a některé druhy jsou patogenní pro člověka. Jsou to aerobní, nesporující, nepohyblivé, lehce zakřivené nebo rovné tyče, které se mohou větvit. Mykobakterie rostou buď pomalu (vyžadují 7 dnů na růst) nebo rychle (vyžadují méně než 7 dní k růstu) (Public health agency of Canada 2011). Hlavním rysem mykobakteriálních buněk je přítomnost hydrofobní vnější membrány, jež je bohatá na lipidy. Hydrofobicita je významným faktorem ovlivňujícím povrchovou přilnavost, tvorbu biofilmu, dezinfekční a antibiotickou rezistenci (Falkinham 2009).

Rod *Mycobacterium* se skládá z asi 100 druhů a může být rozdělen do tří skupin. Do první skupiny patří obligátní patogeny člověka a zvířat, tedy komplexu *Mycobacterium tuberculosis* (*M. africanum*, *M. bovis*, *M. canettii*, *M. caprae*, *M. microti*, *M. pinnipedii* a *M. tuberculosis*), *M. leprae* a *M. lepraemurium*, které se obvykle nevyskytují v životním prostředí. Druhá skupina zahrnuje mykobakterie, které jsou potenciálně patogenní pro člověka nebo zvířata. Většina z těchto druhů byla izolována z různých suchozemských a vodních prostředí a může způsobovat onemocnění za určitých okolností, např. plicní nebo imunitní dysfunkce a chronická onemocnění. Příkladem je *M. avium* a další členové tzv. *M. avium* komplexu (MAC). Třetí skupinu tvoří saprofytické druhy, které nejsou patogenní nebo jen výjimečně patogenní (Vaerewijck et al. 2005).

6.2. Výskyt

Mykobakterie se nachází v přírodním vodním prostředí, stejně jako v umělých vodních systémech, což jsou chladicí věže, bazény a pitná voda (Lee et al. 2010). Téměř všechny non-tuberkulózní mykobakterie (NTMS) jsou často izolovány z různých ekologických zdrojů, jako je voda, půda, aerosoly a mnohé epidemiologické studie prokázaly spojení mezi kmeny izolovanými z vodovodních kohoutků, a těmi, jež byly izolovány od pacientů. Na rozdíl od tuberkulózních bacilů, nebyl přenos NTMS z člověka na člověka nikdy prokázán (Ferdinand et al.

2004). Nejčastěji jsou z pitné vody izolovány *M. avium*, *M. chelonae*, *M. fortuitum*, *M. gordonae*, *M. kansasii* a *M. xenopi* (Vaerewijck et al. 2005).

6.3. Komplex *Mycobacterium avium* (MAC)

Členy komplexu jsou heterogenní skupina pomalu rostoucích mykobakterií. MAC byl původně rozdělen do tří poddruhů, *M. avium subsp. avium* (MAA), *M. avium subsp. paratuberculosis* (MAP) a *M. avium subsp. silvaticum* (El-Sayed et al. 2013). V současné době se MAC skládá z *M. avium*, *Mycobacterium intracellulare* a dalších druhů mykobakterií, které nebyly klasifikovány. V minulosti bylo oddělení *M. avium* od *M. intracellulare* obtížné, neboť se opíralo o sérotypizaci. Proto bylo běžné, že na tyto mikroorganismy bylo odkazováno jako na *M. avium-intracellulare* (Jacobson et al. 2013).

MAC může být pohlcen prvoky či amébami (*Acanthamoeba*, *Naegleria*, *Balamuthia* a *Vahlkampfia*) a mikroorganismy jsou tak chráněny před účinky trávení. Bakterie se množí uvnitř těchto prvoků, čímž se zvyšuje riziko infekce u lidí, jelikož intracelulární životní styl poskytuje těmto bakteriím ochranu před dezinfekčními prostředky v koncentracích, jež by volné bakterie usmrtily, ale prvoky ne (Marciano-Cabral et al. 2010).

6.3.1. Onemocnění

M. avium vstupuje do hostitele přes gastrointestinální a respirační trakt. Je hlavním oportunním bakteriálním patogenem, jež způsobuje bakteriémie a šíří onemocnění u pacientů v pokročilém stádiu AIDS (Danelishvili et al. 2004). Primární infekce způsobené *M. avium*, včetně netuberkulózní lymfadenitidy (zánět/zduření lymfatických uzlin), mohou vznikat u dětí, ale častější je infekce u pacientů s preexistujícími plicními nemocemi. Většina diagnostikovaných infekcí se vyskytuje u lidí, kteří jsou těžce imunokompromitovaní. Infekce může mít vliv na dýchací a zažívací ústrojí a může vyvolat generalizované infekce (Nichols et al. 2004).

6.4. Snížení počtu mykobakterií

Vysoká koncentrace mykolové kyseliny a hydrofobní povrchové vlastnosti mykobakterií jsou primárně zodpovědné za vysokou odolnost skupiny k chemické dezinfekci (LeChavallier 2004). Členové rodu *Mycobacterium* jsou citliví na krátkovlnné ultrafialové záření. UV záření může být užitečnou metodou pro snížení počtu vodou ředitelných netuberkulózních mykobakterií (NTM) v rozvodech pitné vody a budovách. Ionty mědi a stříbra dokážou také zabít *M. avium* a další NTM, i když je potřeba vyšších dávek v porovnání s legionelami (Falkinham 2009).

7. Závěr

V této práci jsem se nejprve věnovala mikrobiologickým požadavkům na vody obecně, ukazatelům mikrobiologického znečištění a dezinfekci vody. Mezi patogeny, jež se nejčastěji nacházejí v pitné vodě, patří patogenní kmeny *Escherichia coli*, enterokoky spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Cryptosporidium* spp., *Giardia lamblia* a *Legionella* spp. Poté jsem se podrobněji věnovala čtyřem rodům – *Legionella* spp., *Aeromonas* spp., *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium* spp., což jsou mikroorganismy, které se vyskytují ve vodním prostředí a způsobují závažná onemocnění u lidí.

Onemocnění způsobená vodními mikroorganismy mohou být mírné až smrtelné povahy. Měli bychom se zaměřit především na prevenci mikroorganismů ve vodách, jelikož jakmile se některé bakterie již jednou ve vodním systému objeví, je jejich vyhubení téměř nereálné.

Seznam použité literatury

- ABULHAMD, Ashraf T. Characterization of *Aeromonas hydrophila* Isolated from Aquatic Environments Using Phenotypic and Genotyping Methods. *Academic Journal*. 2009, roč. 5, č. 6, s. 923-931.
- ALCAIDE, Elena, María-Dolores BLASCO a Consuelo ESTEVE. Mechanisms of quinolone resistance in *Aeromonas* species isolated from humans, water and eels. *Research in Microbiology*. 2010, vol. 161, issue 1, s. 40-45. DOI: 10.1016/j.resmic.2009.10.006. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0923250809002150>
- ASHBOLT, Nicholas John. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*. 2004, vol. 198, 1-3, s. 229-238. DOI: 10.1016/j.tox.2004.01.030. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300483X04000952>
- BARGELLINI, Annalisa, Isabella MARCHESI, Elena RIGHI, et al.. Parameters predictive of *Legionella* contamination in hot water systems: Association with trace elements and heterotrophic plate counts. *Water Research*. 2011, vol. 45, issue 6, s. 2315-2321. DOI: 10.1016/j.watres.2011.01.009. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135411000248>
- BARTRAM, Jamie. SVĚTOVÁ ZDRAVOTNICKÁ ORGANIZACE. *Legionella and the prevention of legionellosis*. Geneva: World Health Organization, c2007, xxiv, 252 p. ISBN 978-924-1562-973. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella.pdf

- BERGER, P S, R M CLARK, D J REASONER, E W RICE a J W SANTO DOMINGO. Drinking water. EDITOR-IN-CHIEF, Moselio Schaechter. *Encyclopedia of microbiology*. 3rd ed. S.l.: Elsevier, 2009, s. 121-137. ISBN 9780123739445.
- BLANC, D.S., Ph. CARRARA, G. ZANETTI, et al. Water disinfection with ozone, copper and silver ions, and temperature increase to control Legionella: seven years of experience in a university teaching hospital. *Journal of Hospital Infection*. 2005, vol. 60, issue 1, s. 69-72. DOI: 10.1016/j.jhin.2004.10.016. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195670104005079>
- BOTZENHART, K., J. BARTRAM, J. BUTLER a A.H. HAVELAAR. Legionella. 2003, s. 1-22. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/admicrob4.pdf
- BUCHBINDER, Susanne, Karlheinz TREBESIUS a Jürgen HEESEMANN. Evaluation of detection of Legionella spp. in water samples by fluorescence in situ hybridization, PCR amplification and bacterial culture. *International Journal of Medical Microbiology*. 2002, vol. 292, 3-4, s. 241-245. DOI: 10.1078/1438-4221-00213. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1438422104701022>
- Česká republika. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In: *Sbírka zákonů*. 2004.
- DANELISHVILI, Lia, Melanie J. POORT a Luiz E. BERMUDEZ. Identification of Mycobacterium avium genes up-regulated in cultured macrophages and in mice. *FEMS Microbiology Letters*. 2004, vol. 239, issue 1, s. 41-49. DOI: 10.1016/j.femsle.2004.08.014. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1016/j.femsle.2004.08.014>

- DELAEDT, Yasmine, Arne DANEELS, Priscilla DECLERCK, et al. The impact of electrochemical disinfection on Escherichia coli and Legionella pneumophila in tap water. *Microbiological Research*. 2008, vol. 163, issue 2, s. 192-199. DOI: 10.1016/j.micres.2006.05.002. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0944501306000450>
- DIEDEREN, B.M.W. Legionella spp. and Legionnaires' disease. *Journal of Infection*. 2008, vol. 56, issue 1, s. 1-12. DOI: 10.1016/j.jinf.2007.09.010. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0163445307007657>
- EDMUNDSON, Ann. *Cholera* [online]. 2012 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: <http://www.webmd.com/a-to-z-guides/cholera-faq>
- ENGLEBERG, N C. Legionella, Bartonella, Haemophilus. SCHAECHTER, Moselio. *Desk encyclopedia of microbiology*. 2. vyd. Boston, MA: Elsevier, 2009, s. 680-691. ISBN 9780123749802.
- FALKINHAM, III, J.O. Surrounded by mycobacteria: nontuberculous mycobacteria in the human environment. *Journal of Applied Microbiology*. 2009, vol. 107, issue 2, s. 356-367. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2009.04161.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2672.2009.04161.x>
- FERDINAND, Séverine, Eric LEGRAND, Khye Seng GOH, Mylène BERCHEL, Gianna MAZZARELLI, Christophe SOLA, Enrico TORTOLI a Nalin RASTOGI. Taxonomic and phylogenetic status of non-tuberculous mycobacteria in a Caribbean setting. *Molecular and Cellular Probes*. 2004, vol. 18, issue 6, s. 399-408. DOI: 10.1016/j.mcp.2004.06.006. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0890850804000635>

- GILES, David K., Jessica V. HANKINS, Ziqiang GUAN a M. Stephen TRENT. Remodelling of the *Vibrio cholerae* membrane by incorporation of exogenous fatty acids from host and aquatic environments. *Molecular Microbiology*. 2011, vol. 79, issue 3, s. 716-728. DOI: 10.1111/j.1365-2958.2010.07476.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2958.2010.07476.x>
- GUANGPENG, Zhou, Wen SHAOPING, Liu YANWEI, Li RONGRONG a Zhong XIAOYING. Development of a DNA microarray for detection and identification of *Legionella pneumophila* and ten other pathogens in drinking water. *International Journal of Food Microbiology*. 2011, roč. 145, s. 293-300.
- *Guidelines for drinking-water quality*. 4th ed. Geneva: World Health Organization, 2011, xxiii, 541 p. ISBN 92-415-4815-0. Dostupné z: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf
- HARIKRISHNAN, R. a C. BALASUNDARAM. Modern Trends in *Aeromonas hydrophila* Disease Management with Fish. *Reviews in Fisheries Science*. 2005, roč. 13, č. 4, s. 281-320. DOI: 10.1080/10641260500320845. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10641260500320845>
- HUANG, Shih-Wei, Bing-Mu HSU, Shu-Fen WU, et al. Water quality parameters associated with prevalence of *Legionella* in hot spring facility water bodies. *Water Research*. 2010, vol. 44, issue 16, s. 4805-4811. DOI: 10.1016/j.watres.2010.07.063. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135410005440>
- HUNG, Deborah T., Jun ZHU, Derek STURTEVANT a John J. MEKALANOS. Bile acids stimulate biofilm formation in *Vibrio cholerae*. *Molecular Microbiology*. 2006, vol. 59, issue 1, s. 193-201. DOI: 10.1111/j.1365-2958.2005.04846.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2958.2005.04846.x>

- HUSA, Petr. Infekční lékařství: Cholera. *Medicabáze: lékařské repetitorium online* [online]. 2007 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: <http://www.medicabaze.cz/index.php>
- *International Travel and Health 2012 Situation As on 1 January 2012*. Switzerland: World Health Organization, 2012, s. 69. ISBN 9789241580472.
- JANDA, J. M. a S. L. ABBOTT. The Genus *Aeromonas*: Taxonomy, Pathogenicity, and Infection. *Clinical Microbiology Reviews*. 2010-01-11, roč. 23, č. 1, s. 35-73. DOI: 10.1128/CMR.00039-09. Dostupné z: <http://cmr.asm.org/cgi/doi/10.1128/CMR.00039-09>
- KÖRKOCA, Hanifi, Mustafa BERKTAŞ, Rıza DURMAZ a Nafia Canan GÜRSOY. The Research of Clonal Relationship Among *Aeromonas* Strains Isolated from Human, Animal and Drinking Water by PFGE. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. 2013, roč. 19, č. 2, s. 271-276. DOI: 10.9775/kvfd.2012.7659. Dostupné z: http://vetdergi.kafkas.edu.tr/extdocs/2013_2/271-276.pdf
- LEE, Eun-Sook, Tae-Ho YOON, Mok-Young LEE, Sun-Hee HAN a Jong-Ok KA. Inactivation of environmental mycobacteria by free chlorine and UV. *Water Research*. 2010, vol. 44, issue 5, s. 1329-1334. DOI: 10.1016/j.watres.2009.10.046. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135409007192>
- LEE, J., C.S. LEE, K.M. HUGUNIN, C.J. MAUTE a R.C. DYSKO. Bacteria from drinking water supply and their fate in gastrointestinal tracts of germ-free mice: A phylogenetic comparison study. *Water Research*. 2010, vol. 44, issue 17, s. 5050-5058. DOI: 10.1016/j.watres.2010.07.027. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135410004951>

- LECHAVALLIER. Control, treatment and disinfection of Mycobacterium avium complex in drinking water. PEDLEY, S., J. BARTRAM, G. REES, A. DUFOUR a J.A. COTRUVO. *Pathogenic mycobacteria in water: a guide to public health consequences, monitoring and management*. London: IWA Publishing, 2004, s. 143-168. Emerging issues in water and infectious disease series. ISBN 92 4 156259 5.
- LEVANTESI, Caterina, Rosanna LA MANTIA, Costantino MASCIOPINTO, Uta BÖCKELMANN, M. Neus AYUSO-GABELLA, Miquel SALGOT, Valter TANDOI, Emmanuel VAN HOUTTE, Thomas WINTGENS a Elisabeth GROHMANN. Quantification of pathogenic microorganisms and microbial indicators in three wastewater reclamation and managed aquifer recharge facilities in Europe. *Science of The Total Environment*. 2010.07.0420. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969710007369>
- MAHESHWARI, Mani, Krishnaiah NELAPATI a Bindu KIRANMAYI. Vibrio cholerae - A Review. *Veterinary World*. 2011, vol. 4, issue 9, s. 423-428. DOI: 10.5455/vetworld.2011.423-428. Dostupné z: <http://www.scopemed.org/?mno=9453>
- MARCIANO-CABRAL, Francine, Melissa JAMERSON a Edna S. KANESHIRO. Free-living amoebae, Legionella and Mycobacterium in tap water supplied by a municipal drinking water utility in the USA. *Journal of Water and Health*. 2010, vol. 08, issue 1, s. 71-80. DOI: 10.2166/wh.2009.129. Dostupné z: <http://www.iwaponline.com/jwh/008/jwh0080071.htm>
- MARCHESI, I., P. MARCHEGIANO, A. BARGELLINI, et al. Effectiveness of different methods to control legionella in the water supply: ten-year experience in an Italian university hospital. *Journal of Hospital Infection*. 2011, vol. 77, issue 1, s. 47-51. DOI: 10.1016/j.jhin.2010.09.012. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195670110004056>

- MARCHESI, Isabella, Stefano CENCETTI, Patrizia MARCHEGIANO, et al. Control of Legionella contamination in a hospital water distribution system by monochloramine. *American Journal of Infection Control*. 2012, vol. 40, issue 3, s. 279-281. DOI: 10.1016/j.ajic.2011.03.008. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196655311002264>
- MATOUŠKOVÁ, Ivanka a Vladimír JANOUT. Úloha vody v přenosu nozokomiálních infekcí. *Klinická mikrobiologie a infekční lékařství*. 2005, roč. 11, č. 5, s. 161-169. ISSN 1211-264X.
- Media centre: Cholera. *WHO* [online]. 2012 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/en/>
- MOSSEL, David A.A a Corry B STRUIJK. Assessment of the microbial integrity, sensu G.S. Wilson, of piped and bottled drinking water in the condition as ingested. *International Journal of Food Microbiology*. 2004, vol. 92, issue 3, s. 375-390. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.08.015. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160503004549>
- NAIR, G.B., J. BARTRAM a HAVELAAR. *Vibrio cholerae*. 2003, s. 1-24. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/admicrob6.pdf
- NICHOLS, G., T. FORD, J. BARTRAM, A. DUFOUR a F. PORTAELS Introduction. PEDLEY, S., J. BARTRAM, G. REES, A. DUFOUR a COTRUVO. *Pathogenic mycobacteria in water: a guide to public health consequences, monitoring and management*. London: IWA Publishing, 2004, s. 1-14. Emerging issues in water and infectious disease series. ISBN 92 4 156259 5.

- NOVÁKOVÁ, Dana, Pavel ŠVEC a Ivo SEDLÁČEK. Characterization of *Aeromonas encheleia* strains isolated from aquatic environments in the Czech Republic. *Letters in Applied Microbiology*. 2009, roč. 48, č. 3, s. 289-294. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2008.02528.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1472-765X.2008.02528.x>
- PARKER, Jennifer L. a Jonathan G. SHAW. *Aeromonas* spp. clinical microbiology and disease. *Journal of Infection*. 2011, vol. 62, issue 2, s. 109-118. DOI: 10.1016/j.jinf.2010.12.003. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0163445310003543>
- PAVLOV, D, C.M.E DE WET, W.O.K GRABOW a M.M EHLERS. Potentially pathogenic features of heterotrophic plate count bacteria isolated from treated and untreated drinking water. *International Journal of Food Microbiology*. 2004, vol. 92, issue 3, s. 275-287. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.08.018. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168160503004525>
- PEIRÓ CALLIZO, E.F., J. Darpón SIERRA, J.M. Santos POMBO, et al. Evaluation of the effectiveness of the Pastormaster method for disinfection of legionella in a hospital water distribution system. *Journal of Hospital Infection*. 2005, vol. 60, issue 2, s. 150-158. DOI: 10.1016/j.jhin.2004.11.018. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195670104005298>
- PETROVOVÁ, Markéta. Legionely a legionářská nemoc. Causa subita, časopis pro lékaře v praxi, Praha: International medical publications, 2010, roč. 13, č. 5, s. 216-219. ISSN 1212-0197.
- POND, Kathy. *Water recreation and disease: plausibility of associated infections : acute effects, sequelae, and mortality*. Seattle: published on behalf of the World Health Organization by IWA Publishing, 2005, s. 76-92. Emerging issues in water and infectious disease series. ISBN 1843390663.

- PRAUS, Petr. Drinking water disinfection and formation of by-products. In: *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské: Řada hornicko-geologická*. Ostrava, 2003, s. 95-102. ISSN 0474-8476. Dostupné z: <http://gse.vsb.cz/2003/XLIX-2003-2-95-102.pdf>
- REITH, Michael E, Rama K SINGH, Bruce CURTIS, et al. The genome of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* A449: insights into the evolution of a fish pathogen. *BMC Genomics*. 2008, roč. 9, č. 1, s. 427-. DOI: 10.1186/1471-2164-9-427. Dostupné z: <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/9/427>
- SARTORY, D.P. *Aeromonas*. 2003, s. 1-12. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/admicrob2.pdf
- ŠPALEKOVÁ, Margita. Účinnosť rôznych dezinfekčných postupov na inaktiváciu legionel. *Česká a slovenská hygiena*. 2005, roč. 2, č. 3, s. 80-83. ISSN 1214-6722.
- STEINERT, Michael, Ute HENTSCHEL a Jörg HACKER. *Legionella pneumophila*: an aquatic microbe goes astray. *FEMS microbiology reviews* [online]. Amsterdam: Elsevier, 2002, roč. 26, č. 2, s. 149-162 [cit. 2013-03-28]. ISSN 0168-6445. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1574-6976.2002.tb00607.x/pdf>
- VAEREWIJCK, M, G HUYS, J PALOMINO, J SWINGS a F PORTAELS. Mycobacteria in drinking water distribution systems: ecology and significance for human health. *FEMS Microbiology Reviews*. 2005, vol. 29, issue 5, s. 911-934. DOI: 10.1016/j.femsre.2005.02.001. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1016/j.femsre.2005.02.001>

- VAN LEEUWEN, F.X.R. Safe drinking water: the toxicologist's approach. *Food and Chemical Toxicology*. 2000, vol. 38, S51-S58. DOI: 10.1016/S0278-6915(99)00140-4. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691599001404>
- *Vibrio cholerae*: pathogen safety data sheet - infectious substances. PUBLIC HEALTH AGENCY OF CANADA. *Public Health Agency of Canada* [online]. 2010, 18.2.2011 [cit. 2013-07-02]. Dostupné z: <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/vibrio-cholerae-eng.php>
- WINGENDER, Josh a Hans-Curt FLEMMING. Biofilms in drinking water and their role as reservoir for pathogens. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2011, roč. 214, č. 6, s. 417-423. ISSN 1438-4639.
- WITHEY, Jeffrey H. a Victor J. DIRITA. The toxbox: specific DNA sequence requirements for activation of *Vibrio cholerae* virulence genes by ToxT. *Molecular Microbiology*. 2006, vol. 59, issue 6, s. 1779-1789. DOI: 10.1111/j.1365-2958.2006.05053.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2958.2006.05053.x>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hlavní rody nebo skupiny bakterií izolované při stanovení celkových počtů bakterií.....	14
Tabulka 2: Přehled vodních patogenů v rozvojových zemích.....	16
Tabulka 3: Cesty přenosu vodních patogenů	19
Tabulka 4: Patogeny přenášené pomocí vody (upraveno dle WHO 2011).....	20

Seznam obrázků

Obrázek 1: Kultivace <i>Aeromonas</i> spp.	29
--	-----------