

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**NÁVRH VNITŘNÍHO VODOVODU SE ZAMĚŘENÍM
NA OCHRANU PROTI LEGIONELLE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Jan Špingl

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

2017/2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Špingl	Jméno: Jan	Osobní číslo: 410953
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: Budovy a prostředí		
Studijní obor: Budovy a prostředí		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh vnitřního vodovodu se zaměřením na ochranu proti Legionelle	
Název diplomové práce anglicky: Design of the internal water supply with focus on protection against Legionella	
Pokyny pro vypracování: Cílem diplomové práce je návrh vnitřního vodovodu hotelu MD Praga se zaměřením na ochranu proti Legionelle Pneumophylis. Obsahem práce je rešerše na téma: Ochrana vnitřního vodovodu proti Legionelle Pneumophylis. Na základě volby nejvhodnějšího řešení pro daný objekt bude vypracována projektová dokumentace pro provedení stavby vnitřního vodovodu hotelu MD Praga.	
Seznam doporučené literatury: Vrána, J.: Voda a kanalizace v domě a bytě. Instalátorské práce (Grada Publishing, Praha 2005) Žabička, Z.- Vrána, J.: Zdravotně technické instalace (ERA group, Brno 2009) Valášek, J. a kol.: Zdravotnětechnická zařízení budov (JAGA group, Bratislava 2006) VAVŘIČKA, R.; VRÁNA, J.; POSPÍCHAL, Z. Příprava teplé vody. Sešit projektanta - pracovní podklady. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. 151 s. ISBN: 978-80-02-02713- 3 Valášek, Jaroslav a kol.: Zdravotnětechnická zařízení budov. Jaga 2006. ISBN 80-8076-038-1	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 9.10.2017	Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Jan Špingl

Název diplomové práce: Návrh vnitřního vodovodu se zaměřením na ochranu proti Legionelle

Základní část: TZB podíl: 100 %

Formulace úkolů: Rešerše na téma: Ochrana vnitřního vodovodu proti Legionelle

Aplikace tématu na vybraném objektu hotelu MD Praga

Návrh vnitřního vodovodu

Projektová dokumentace pro provedení stavby vnitřního vodovodu Hotelu MD Praga

Projektová dokumentace bude obsahovat situaci, podélný a příčný řez vodovodní přípojkou, půdorysy jednotlivých podlaží, axonometrii a technickou zprávu.

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětné rady a věcné připomínky při zpracování této závěrečné práce.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je návrh systému vnitřního vodovodu hotelu MD Praga se zaměřením na ochranu proti Legionelle pneumophila. Pro tento účel je zpracována teoretická část formou rešerše na téma: Ochrana vnitřního vodovodu proti Legionelle pneumophila. V této části je popsán historický vývoj této bakterie, její základní vlastnosti, výskyt a typy onemocnění, které způsobuje. Práce se dále věnuje způsobům prevence, detekce a odstranění dané bakterie převážně ze systému vodovodu. Následně je provedena analýza objektu, ze které je zvoleno vhodné řešení vnitřního vodovodu. Pro zvolené řešení je provedena dokumentace pro provedení stavby.

Klíčová slova

Legionella pneumophila, hotel, vnitřní vodovod, vodovodní přípojka, zdravotnické instalace, potřeba vody, potřeba teplé vody, ohřev teplé vody, návrh potrubí, studna, armatury, izolace, cirkulace teplé vody, dezinfekce

Abstract

The aim of this diploma thesis is to design the internal water distribution system with a focus on protection against Legionella pneumophila in the hotel MD Praga. For this purpose the theoretical part is elaborated in the form of a research on the topic: Protection of the water distribution system against Legionella pneumophila. This part describes the historical development of this bacterium, its basic properties, its occurrence and the types of disease it causes. The work is also devoted to methods of prevention, detection and removal of the bacteria, mainly from the water systems. Subsequently, an object analysis is performed from which the suitable solution of the internal water supply system is made. The detail design documentation of water distribution system is elaborated for selected solution.

Keywords

Legionella Pneumophila, hotel, internal water supply, water connection, sanitary installation, water demand, hot water demand, hot water preparation, pipeline design, well, valves, insulation, hot water circulation, disinfection

Obsah

A. Teoretická část – Ochrana vnitřního vodovodu proti Legionelle.....	9
A.1. Úvod.....	9
A.2. Historický vývoj.....	10
A.3. Vlastnosti	10
A.4. Biofilm.....	11
A.5. Replikace Legionelly.....	12
A.6. Výskyt.....	13
A.7. Přenos infekce	14
A.8. Onemocnění způsobená bakteriemi Legionella	15
A.8.1. Legionářská nemoc.....	15
A.8.2. Pontiacká horečka.....	16
A.9. Detekce Legionelly.....	17
A.9.1. Detekce močového antigenu.....	17
A.9.2. Kultivace.....	17
A.9.3. Přímá imunofluorescence.....	17
A.9.4. Detekce nukleových kyselin pomocí PCR.....	18
A.9.5. Sérologie	18
A.10. Legionella v české legislativě	18
A.10.1. Požadavky ČSN 06 0320/2006 Sb.	18
A.10.2. Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví	19
A.10.3. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění.....	20
A.10.4. Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do příмого styku s vodou a na úpravu vody	23
A.11. Surveillance.....	23
A.11.1. Rozdělení legionelózy dle typu expozice:	25
A.12. Prevence legionelóz.....	26
A.13. Kontaminace vody Legionellou.....	26
A.13.2. Lokální kontaminace.....	27

A.13.3. Systémová kontaminace	27
A.14. Vhodné podmínky pro výskyt Legionelly a technická opatření	27
A.15. Tvorba Legionelly vzhledem k materiálu potrubí	29
A.16. Technická a organizační opatření dle Státního zdravotního ústavu	31
A.16.1. Regulace distribučního systému, monitorování teplotního režimu	31
A.16.2. Ostatní technické požadavky	31
A.16.3. Sanitace a údržba	32
A.17. Eradikce Legionelly	33
A.18. Způsoby odstranění Legionelly z vnitřního vodovodu	34
A.18.1. Termodezinfekce	34
A.18.2. Dezinfekce UV zářiči	36
A.18.3. Ionizace Ag/Cu	38
A.18.4. Ozon	40
A.18.5. Chlorace	41
A.18.6. Monochloramin	43
A.18.7. Chlordioxid	44
A.18.8. Filtrace	45
A.19. Parametry ovlivňující návrh dezinfekční metody	46
A.19.1. Místo působení dezinfekce	46
A.19.2. Vnější podmínky, které ovlivňují účinnost	46
A.19.3. Ohrožení lidského zdraví	47
A.19.4. Vliv na porušení materiálů systému	47
A.20. Porovnání jednotlivých postupů	48
A.21. Závěr	49
Seznam použitých zdrojů	50
Seznam obrázků, tabulek a grafů	57
Seznam příloh	58

A. Teoretická část – Ochrana vnitřního vodovodu proti Legionelle

A.1. Úvod

Současná doba vychází vstříc výzkumu, vývoji a inovacím v oblasti technického zařízení budov a se vzrůstajícími požadavky na celkovou ochranu veřejného zdraví, se také hygiena vody čím dál tím více dostává do popředí zájmu. Nicméně stále se jedná o poměrně nové téma, a tak v naše legislativa neobsahuje podrobné postupy a stále se zmiňuje o daném problému pouze okrajově. V České republice, ale také celosvětově, byl zaznamenán velký nárůst identifikovaných onemocnění legionelózou, a proto se opatření proti biologickému znečištění bakterií rodu *Legionella* stává součástí každého návrhu vodovodního systému.

První zmínky o novém onemocnění s názvem Legionelóza neboli Legionářská nemoc, byly zaznamenány v roce 1976 ve Spojených státech amerických. Svůj název nese od hromadné nákazy vojenských legionářů ze znečištěné klimatizace. [4]

V nedávné době se změnil názor odborné veřejnosti na identifikaci a řízení biologického rizika. Důsledkem toho je přejímání postupů a začleňování práva Evropské unie do podmínek České republiky. Z tohoto důvodu podléhá onemocnění legionelózou ve vyspělých zemích včetně České republiky procesu epidemiologické surveillance. Tedy trvalému a komplexnímu dozoru a sledování charakteristik vzniklých případů onemocnění a současně sběru informací o podmínkách faktorů zevního prostředí, které výskyt onemocnění ovlivňují.

Bakterie *Legionella* jsou všeobecně rozšířeny nejen v nejrůznějších typech přirozených vod a půd, ale také v rozvodech pitné vody, zařízeních využívající ke své funkci zdroj pitné vody a v aerosolech, které jsou tvořeny těmito zařízeními. Proto není divu, že se s nimi setkáváme v mnoho špatně navržených a neudržovaných systémech. Ideální podmínky pro výskyt *Legionelly* tvoří teplovodní systémy, které na rozdíl od přirozených systémů umožňují kromě přežití také jejich rozmnožování. Mezi nejrizikovější v kontaktu se člověkem patří klimatizační zařízení, sprchy, vířivky, lázeňské koupele, kuchyňské filtry na vodu, zvlhčovače vzduchu, dekorativní fontánky a nebulizátory. [1]; [3]

Pro bezproblémový chod umělých systémů je nutná správná výrobní praxe, pravidelný servis a údržba technických zařízení a jejich mikrobiologické sledování. Zavedení takových opatření do praxe je finančně a organizačně náročné a má-li být provozovateli akceptováno, musí být podloženo kvalitní odbornou argumentací.

Záměrem teoretické části této práce je seznámení s bakterií *Legionella pneumophila* onemocněními, které způsobuje. Dále je popsána problematika prevence, detekce a odstranění *Legionell* zaměřená převážně na systém vnitřního vodovodu. Jsou zmíněny nejdůležitější prameny české legislativy a jejich pohled na danou problematiku a závěrem jsou popsány a zhodnoceny možnosti eradikace *Legionelly*.

A.2. Historický vývoj

Bakteriální rod *Legionella* je již známý od 70. let minulého století. Na setkání veteránů amerických legií v červenci roku 1976 v Philadelphii, kde onemocnělo 221 ze 4400 hostů záhadnou nemocí, z nichž později 34 zemřelo na zápal plic. K tomuto incidentu došlo vinou špatně udržované klimatizace hotelu Bellevue-Stradford ve Philadelphii. Kde zdrojem infekce byl aerosol z chladících věží na střeše hotelu. Úmrtnost byla natolik vysoká, že podnítila intenzivní výzkum příčiny choroby. Z plicní tkáně jednoho pacienta byla izolována dosud neznámá bakterie. Testy se prováděly v Centru pro kontrolu a prevenci chorob (CDC) a o několik měsíců později, 18. ledna 1977, byla původcem onemocnění identifikována neznámá bakterie, nazvaná *Legionella*. Která nese název podle nemocných legionářů. [4]; [5]; [6]

Za nedlouho poté bylo prokázáno, že epidemie legionelózy se určitě vyskytovaly i před rokem 1976. Ze vzorku krve vojenského potápěče, uložené v mrazicím boxu Centra pro kontrolu nemocí v Atlantě od roku 1943, byla úspěšně vykultivována *Legionella Micdadei*. Přibližně o deset let později, v roce 1985, se opakovala obdobně velká epidemie v anglické nemocnici ve Staffordu, při které byla úmrtnost 20%. Za první průkazně doloženou epidemií legionářské nemoci můžeme označit 81 postižených pacientů nemocnice Sv. Alžběty ve Washingtonu r. 1965. [4]; [5]; [6]

První epidemie v ČR se objevila v pražském Institutu klinické a experimentální medicíny (IKEM), kde došlo k tragické události 7 pacientů, kteří zde prodělávali transplantace. Z počátku se udával počet úmrtí 4 a nyní dokonce 7 pacientů. [7]

První případy pontiacké horečky se objevily v roce 1968 v městě Pontiac, stát Michigan. Nicméně samotná bakterie byla prokázána až zpětně po porovnání vzorků s těmi pořízenými v roce 1976. Tímto bylo prokázáno, že stejná bakterie způsobuje obě nemoci. [4]; [5]; [6]

A.3. Vlastnosti

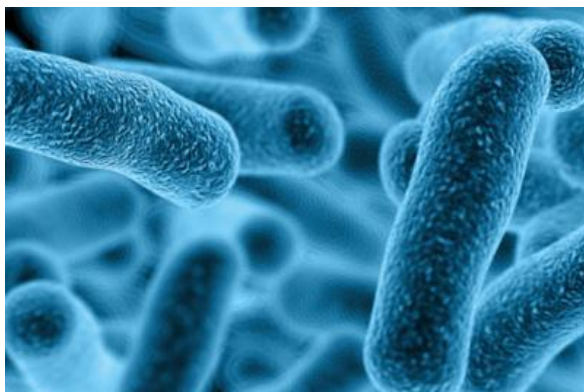
Legionella, u nás často nazývána legionela, je rod patogenních tyčinkových aerobních bakterií čeledi Legionellaceae, čítající více než 50 druhů. Z nich je 20 opravdu nebezpečných, způsobují tzv. nemoc legionářů a mírnější pontiackou horečku. Počet identifikovaných druhů stále narůstá se zaváděním nových diagnostických metod do praxe. Tyto bakterie dosahují rozměrů 2-20 μm na délku a 0,3-0,9 μm na šířku. Jedná se o dlouhé vláknité formy, které se pohybují pomocí dvou a více polárních bičků. Jejich stěny obsahují rozvětvené 2,3 – dihydroxy - mastné kyseliny, které jsou specifické pouze pro tyto bakterie. Dalším charakteristickým znakem je jejich funkce štěpit želatínu místo glukózy nebo běžných glycidů. [2]; [3]; [10]; [36]; [60]

Bakterie se množí za teploty 20 – 50°C, přičemž nejideálnější teplota pro jejich rozvoj je 38°C. Při teplotách nad 50°C se bakterie již nemnoží a při 70°C hynou. Naopak při teplotách nižších než 25°C se bakterie ponoří do tzv. spánku ve kterém mohou přežívat do doby než se teplota opět

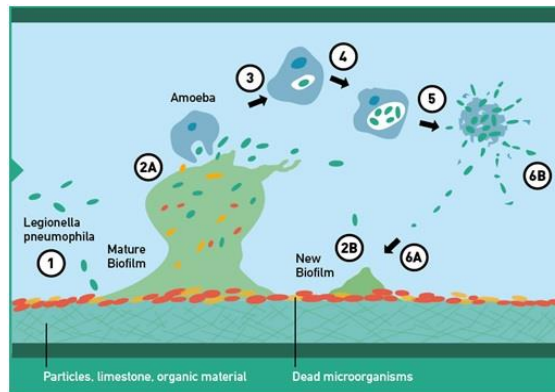
zvýší na požadovanou úroveň. Zjednodušeně lze říci, že ideální podmínky z hlediska pH jsou mezi 5,0 – 8,5, ale krátkodobě odolají i pH 2,0 z důvodu tolerance ke kyselému prostředí. [11]; [36]; [60]

Legionelly patří mezi tzv. slizotvorné organismy. Samy si vytvářejí biofilm, pomocí kterého se zafixují k povrchu a přečkají tak většinu nepříznivých vlivů z prostředí. Bakterie v biofilmu jsou přibližně tisíckrát odolnější vůči chlóru než ve fázi planktonu. Z tohoto důvodu je tak obtížná desinfekce a je vhodné bakterii detekovat a odstranit včas. [11]

Naprostá většina epidemických i sporadických onemocnění je způsobena druhem *Legionella pneumophila*. [9]



Obr A.3.1 Bakterie *Legionella pneumophila* [59]



Obr A.4.1 Ilustrační schéma tvorby biofilmu [60]

A.4. Biofilm

Biofilmem nazýváme relativně organizovaná, mnohvrstevná společenstva mikroorganismů. Tímto způsobem tvoří bakterie kolonie z relativně homogenních směsí mikrobiálních buněk. K dosažení vzniku biofilmu je přítomnost vody, živin a kyslíku. Uvnitř biofilmu dochází k látkové výměně a soutěži o živiny. Typické biofilmy mívají svrchní vrstvu prokysličenou a spodní vrstvu bez kyslíku. Existence biofilmu tvoří živnou půdou pro další mikroorganismy, kterým navíc poskytují dokonalou ochranu před účinkem chemikálií. Proto je kontrola biofilmu stěžejní pro prevenci legionelózy ve vodních systémech. [39]; [60]

Tvorba mikrobiálního biofilmu probíhá ve čtyřech základních fázích. Po přisednutí bakterií k povrchu dochází k adhezi a maturaci biofilmu. Vytváří se mnohvrstevné shluky mikrobů, mikrokolonie, obklopené vrstvou nebuněčného materiálu. Během několika hodin až dní vzniká zralý biofilm. Obsahuje shluky mikrobiálních buněk a je protkán dutinami a kanálky, které umožňují přísun živin i do hlubších vrstev biofilmu. V biofilmu se mohou vyskytovat i různé další mikroorganismy, jako organotrofní bakterie, řasy, prvoci apod. Poslední fází vývoje biofilmu je disperze, při které se ze zralého biofilmu oddělují jednotlivé buňky, jejich shluky i části biofilmu. Uvolňují se do okolí a mohou kolonizovat další vhodné povrchy. [39]

Pro mikroby rostoucí v podobě biofilmu je typická zvýšená odolnost vůči obranným mechanismům hostitele. Schopnost růstu bakterií v biofilmu je také spojována s přirozenou rezistencí těchto biofilmů k účinkům antibiotik, což je považováno za důležitý faktor virulence.

Dobrý úkryt v těchto společenstvech a využívání minerálních nánosů na vnitřních stěnách potrubí spolu s vyšší rezistencí Legionelly ke chlóru vytváří neřešitelnou situaci a jejich trvalé odstranění není prakticky možné. K návratu na původní úroveň kontaminace běžně dochází do 1 až 2 měsíců. Účinná látka se chemicky váže na organickou hmotu, čímž klesá reziduální koncentrace dezinfekce ve vodě a je omezeno účinné šíření dezinfekce na větší vzdálenosti v síti. Legionelly přežívají v symbiotickém stavu s nefermentujícími gramnegativními tyčinkami, atypickými mykobakteriemi, řasami a amébami. [24], [40]; [60]

Ideálním povrchem pro mikrobiální kolonizaci a tvorbu biofilmu nejsou pouze vnitřní stěny potrubí rozvodných sítí a chladicích systémů vodovodních systémů, ale také vodovodní armatury, těsnění, usměrňovače, perlátory směšovacích baterií, hadice a koncovky sprch. [24]

Dle provedených experimentů do jednoho týdne dochází k mikrobiální kolonizaci na všech površích používaných materiálů, kromě měděných. V průběhu tří týdnů se vytvářejí viditelná mikrobiální společenstva, která produkují usazeniny a sliz, což má za následek tvorbu biofilmu. [24]

V rozvodech vody představuje odtrhávání kousků biofilmu s potenciálními patogeny od podkladů vážný problém. Po uvolnění z biofilmu jsou mikroorganismy kapičkami vody unášeny dále, mohou se dostat až k uživateli a se vzniklým aerosolem mohou být v infekční dávce vdechnuté. [40]

Negativní vliv biofilmů spočívá zejména v:

- snížené účinnosti přenosu tepla
- zvýšené rezistenci bakterií před aplikovanými biocidy
- zrychlené korozi
- ucpávání chladicích věží, potrubí a průchodů vody

Tyto negativní vlivy technického charakteru v praxi převažují nad existencí zdravotního rizika v souvislosti s přítomností Legionelly v biofilmu. [11]; [12]

A.5. Replikace Legionelly

Bakterie Legionelly nejsou schopny se pomnožovat extracelulárně (mimobuněčně) ve vodním prostředí. Proto infikují mikroorganismy přítomné v biofilmech a množí se uvnitř nich. Hostitelské buňky pro intracelulární replikaci Legionelly tvoří některé volně žijící améby, prvoci a cyanobakterie (sinice). [41]; [42]

Po pomnožení s využitím organel hostitelské buňky dojde k roztržení tkáně buněčné membrány améby a k uvolnění velkého množství bakterií do prostředí. Tento cyklus se opakuje. Za pomoci intracelulárního parazitizmu přežívají i v nepříznivých podmínkách. Interakce Legionelly s amébami je důležitý ekologický faktor, který může signifikantně zvýšit riziko legionelózy. Bylo zjištěno, že z 65% vzorků pozitivních na Legionellu, pořízených při vyšetřování studených i teplých vod, obsahuje také améby. [41]; [42]

A.6. Výskyt

Legionelly dokáží přežít dlouhodobě i v nepříznivých podmínkách, proto jsou všeobecně rozšířeny nejen v nejrůznějších typech přirozených vod a půdě, ale také v rozvodech pitné vody, zařízeních využívající ke své funkci zdroj pitné vody a v aerosolech, které jsou tvořeny těmito zařízeními. Ideální prostředí tvoří špatně navržené a neudržované systémy, převážně s ohřevem teplé vody, kdy pro ně vznikají ideální podmínky pro rozmnožování. (teplota 20 až 45°C) [1]; [3]

Mezi nejrizikovější v kontaktu se člověkem patří klimatizační zařízení, sprchy, vířivky, lázeňské koupele, kuchyňské filtry na vodu, zvlhčovače vzduchu, dekorativní fontánky a nebulizátory. Nicméně došlo k nálezům také v pramenech, podzemních i mořských vodách, vlhké půdě, směsi hnojiv a kompostech. To potvrzuje fakt, že Legionella vykazuje značnou odolnost vůči vlivům zevního prostředí a dlouhé měsíce přežívá v pitné, ale také v destilované vodě. [1]; [3]

Kontaminace půdy Legionellami byla do nedávna považována pouze v Austrálii a Novém Zélandu kde bylo při průzkumu půdy provedeném v roce 1990 zde 73 % vzorků bylo testováno pozitivně na Legionelly. Následně byla souvislost mezi případy legionářské nemoci a zahradničením nebo používání zavlažovacích směsí zaznamenána také v Japonsku, Nizozemí, Spojených státech, Švýcarsku a Skotsku. [38]

Kompostací zbytků rostlin ze zahrad nebo průmyslovou recyklací v kompostárnách dochází v prvních fázích rozkladu ke generování vysoké teploty, které umožňují množení legionell. Rizikové pro člověka je prostředí kde se tvoří aerosol, při zalévání rostlin pěstovaných v květináči nebo ve skleníkových podmínkách. [38]

Výskyt je velmi ovlivněn teplotou v soustavě:

- 60 až 80 ° C – termická dezinfekce – Legionella umírá ihned
- 66 °C – Legionella umírá během 2 minut
- 60 °C – Legionella umírá během 32 minut
- 55 °C – Legionella umírá během 5ti až 6ti hodin
- 20 až 45 °C – Legionella se množí
- 20 °C a nižší – Legionella se nemnoží, ale zůstává ve “spánku” do zvýšení teploty

Z hlediska pH můžeme zjednodušeně říci, že ideální podmínky jsou při hodnotách pH mezi 5,0 – 8,5, ale krátkodobě odolají i pH 2,0 z důvodu tolerance ke kyselému prostředí. [3]

Mezi další faktory přispívající k výskytu Legionelly v systému patří:

- stagující a málo průtočné úseky sítě
- těžko přístupné vodní armatury, které nejsou pravidelně kontrolovány
- místa akumulace organické hmoty (zásobníky, ohřívače, slepá ramena)
- velké objemy zásobníků vody při nízkém odběru, tvorba sedimentů a kalu
- nízká teplota výtokových míst
- nevhodná výtoková zařízení a jejich stav
- změna hydraulických charakteristik potrubí
- nedostatečná izolace rozvodů
- vliv materiálu potrubí a armatur
- nefunkčnost cirkulace
- nedostatečná regulace v systému a tím způsobeny velké rozdíly tlaků
- stáří spotřebičů (inkrusty, biofilmy, sedimenty, kaly)
- velikost systému a tím i délky instalací (stagnace vody a špatná dostupnost desinfekce)
- nedostatečné udržování systému [1]; [2]; [13]

A.7. Přenos infekce

Lidskou bytost můžeme považovat za náhodného hostitele této bakterie a přenos na něj probíhá několika způsoby. [22]

Nejběžnějším způsobem přenosu je vzdušná cesta kolonizovaným aerosolem, který např. vzniká v chladících věžích, klimatizaci, inhalátorech, zvlhčovačích vzduchu a při různých způsobech mlžení (květiny na výstavě, zelenina v supermarketu). U exponovaných osob může vdechnutí Legionellami kontaminovaných kapének, zejména respirabilní frakce o velikosti do 5 μm , vyvolat onemocnění dýchacích cest nebo plic. [22]

Další způsob je aspirační cesta. Po požití kolonizované vody se Legionelly dostávají z úst do dýchadel. Během ústní hygieny dojde k vdechnutí bakterií, které kolonizují ústní část hltanu. [22]

K možnému přenosu může docházet také potravinovou cestou, 35% postižených trpí střevními potížemi. Nicméně v tomto případě se jedná o působení toxinů z jejich metabolismu, přičemž samotné bakterie sídlí jinde. [22]

Při špatné desinfekci dýchacích přístrojů, inkubátorů, může dojít k přímému zavedení infekce do plic. [22]

Samozřejmě existuje mnoho dalších možností, jak infikovat organismus, např. přes povrchové rány. [22]

Zásadním rozdílem oproti ostatním plicním onemocněním je okolnost, že bakterie se vyskytují ve své virulentní podobě v technickém zázemí s vodními zdroji a teprve odtud infikují člověka. Z toho vyplývá, že nedochází k mezilidskému přenosu onemocnění. Úspěšnou prevencí proti legionelóze zaměřit pouze na opatření zdravotnického rázu, ale nutno hledat především vhodná technická preventivní řešení, s cílem snížení zdravotního rizika. [22]

A.8. Onemocnění způsobená bakteriemi Legionella

Bakterie Legionella je nitrobuněčným parazitem, který vniká do lidských buněk, kde se nadále množí. Napadá převážně dýchací cesty a způsobuje onemocnění, které můžeme rozdělit na Legionářskou nemoc a Pontiacskou horečku. Obecně lze říci, že se jedná o podhlášené onemocnění, z důvodu špatné rozpoznatelnosti od ostatních pneumonií. Pro přesné určení je třeba odebrat biologický vzorek pacienta a porovnat ho se vzorkem z místa nákazy. Pro tento proces je zapotřebí mikrobiolog a epidemiolog. Nicméně v posledních letech došlo ke zlepšení po zavedení aktivní surveillace. [11]; [17]; [64]

Hlášená onemocnění Legionářskou nemocí v ČR											
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
9	15	19	15	25	42	58	56	67	110	120	147

Tabulka A.8.1 Hlášená onemocnění Legionářskou nemocí v ČR [3]

A.8.1. Legionářská nemoc

Legionářská nemoc, často také nazývána legionelóza je bakteriální onemocnění multisystémového charakteru, probíhající jako pneumonie. Inkubační doba Legionářské nemoci je 2 až 10 dní. Následkům této bakterie jsme vystaveni převážně dýchacími cestami, ale také trávicím systémem, urogenitálním traktem a kůží. Při samotném procesu dochází k vdechnutí aerosolu, ale také při pouhém pití či ústní hygieně, kdy dojde k osídlení sliznice nosohltanu. Dále jsou bakterie pohlceny (fagocytovány) pomocí bílých krvinek (alveolárních makrofágů) v plicních sklípcích. [14]; [1]; [8]; [15]; [64]

Bakterie se šíří jako nitrobuněční parazité, což způsobuje rozpad hostitelské buňky a následnou expanzi do okolí. To má za následek tvorbu mnohočetných zánětlivých ložisek, která nakonec splynou a postihnou celý plicní lalok. Dochází k vyplnění plicních sklípků edémovou tekutinou a jsou dočasně vyřazeny z dýchání. Může dojít až k trvalým následkům, mezi které patří plicní fibróza, která způsobuje nahrazení části plicní tkáně vazivem. Ohraničená zánětlivá ložiska se mohou tvořit také mozku, svalech, játrech, ledvinách a kůži. [1]; [14]; [15]; [64]

A.8.1.1. Symptomy legionářské nemoci

Jedním z prvních symptomů je silný kašel, který je z počátku suchý (nedochází k vykašlávání hlenu). Dalšími běžnými symptomy jsou bolest hlavy, svalová bolest, bolest na hrudi a zkrácený dech. Tyto příznaky nejsou typické pouze pro napadení Legionellou, ale například pro zápal plic

virového typu, proto se často stává, že dochází k nasazení špatných léčiv. Pozdějšími příznaky jsou bolesti břicha, průjem a zvracení, ale také halucinace a celková zmatenost. Následně může v krajních případech dojít až k poškození ledvin, jater, mozku a trávicí soustavy, což následně vede k úmrtí. [3]; [14]; [59]; [64]

A.8.1.2. Ohrožení jedinci

K legionelovým infekcím jsou náchylnější staří lidé, kuřáci, alkoholici, osoby s chronickým onemocněním nebo poruchou imunity, protože mají zhoršené plicní funkce či porušenou buněčnou imunitu. [3]; [14]; [64]

Sníženou buněčnou imunitu mají i pacienti po transplantacích, s nádorovým onemocněním, osoby užívající léky potlačující imunitní pochody (kortikosteroidy, imunosupresiva) a osoby s AIDS. U těchto nemocných bývá legionelová infekce původce nemocniční nákazy. Odhaduje se, že způsobuje až 30% nemocničních zánětů plic. Výskyt legionářské choroby je 2,5x vyšší u mužů než u žen. V posledních letech je pozorován nárůst incidence jak celkové, tak ve středních věkových skupinách (45-64 let) a u dětí. Nicméně úmrtnost z tohoto onemocnění v posledních 20 letech klesla z původních 30% na 5 – 10%. [3]; [14]; [64]

Protilátky tvořené naším imunitním systémem vznikají až během druhého až třetího týdne, tudíž nemohou průběh infekce vůbec ovlivnit. Nicméně vzhledem k tomu, že jsme s Legionellou v častém kontaktu, značná část populace si vybuduje imunitu. Z tohoto důvodu způsobují Legionelly zápal plic pouze v 2 – 5 % případů. [3]; [14]; [64]

A.8.1.3. Léčba

Základní léčba legionářské nemoci spočívá ve včasném podání specifických antibiotik, které hubí původce nákazy. V běžných případech se podává erytromycin a tetracyklin. Při horším průběhu onemocnění je na místě levofloaxin a azitromycin. [9]; [59]; [64]

Kromě podávání antibiotik je nutné léčit i ostatní příznaky, doplňovat tekutiny a sledovat funkce jater a ledvin. [9]; [64]

A.8.2. Pontická horečka

Mírnější projev nákazy nazýváme Pontická horečka, při které dochází k podobným projevům jako při chřipce. Nemoc provází horečka, nepříjemné bolesti hlavy, malátnost, bolest svalstva, ale nedochází k zápalu plic. Jedná se o onemocnění, které odezní bez léčby zhruba za 3-5 dní. [3]; [64]

A.8.2.1. Symptomy

Mezi příznaky pontické horečky patří vysoká teplota, zimnice, bolest hlavy a celková malátnost, tedy velmi podobné příznaky jako u běžné chřipky. První příznaky jsou patrné již do 48 hodin od vstupu bakterie do organismu. [3]

A.9. Detekce Legionelly

K detekci Legionelly se v dnešní době využívá řada metod, které se pro lepší efekt navzájem kombinují. K základním laboratorním diagnostickým metodám patří kultivace, sérologie a detekce močového antigenu. Mezi další metody můžeme zařadit přímou imunofluorescenci, detekci nukleových kyselin a detekci specifických protilátek v séru. Pozitivního výsledku dosahujeme mnohdy až po několika dnech či týdnech. Kombinace těchto metod je zejména vhodná v případech suspektní pneumonie u onemocnění osob během hospitalizace ve zdravotnickém zařízení. Laboratorně je možné vyšetřovat různé druhy klinického materiálu: sputum, respirační sekret, sekret z bronchoalveolární laváže, z krve a z moči. Kultivují se i odpovídající environmentální vzorky. Metodika jejich zpracování a vyšetření je náročná a získání pozitivních výsledků vyžaduje značnou praxi a zkušenost mikrobiologa. [45]; [64]

Legionella pneumophila je nejvýznamnější zástupce rodu *Legionella*, proto je většina komerčních diagnostických testů zaměřena na její detekci. Je ale prokázáno, že rizikovou skupinu pro onemocnění legionelózou tvoří osoby s imunosupresí, u kterých se v roli podmíněných patogenů uplatňují i druhy, které by za normálních okolností onemocnění nezpůsobily. Potřeba dostupnosti detekce celého rodu proto narůstá a tímto směrem jde i vývoj laboratorních metod. [45]; [64]

A.9.1. Detekce močového antigenu

Nejrychlejší formou prokázání je detekce legionelového antigenu v moči. Jedná se o citlivý a zároveň neinvazivní způsob. Moč pacienta obsahuje specifický antigen, jenž lze prokázat přibližně po třech dnech od prvotních příznaků. Nicméně komerčně vyráběné sety jsou zaměřeny pouze na určité spektrum *Legionell*. [45]; [61]

A.9.2. Kultivace

Kultivace je základní metodou pro určení přítomnosti Legionelly, která umožňuje molekulární typizaci. Bakterie se nechají růst v půdách s vysokým obsahem aktivního uhlí, jenž je ochraňuje před detoxikací peroxidů v půdě a vznikající oxidací z cysteinu. Kultivované misky se inkubují při teplotě 36 +/-1 °C po dobu 7 dní. Nejvhodnější materiál pro izolaci Legionelly je sputum z dolních cest dýchacích, ale lze použít i jiné materiály. Kolonie bakterií jsou velké asi 1mm, ale po víc dnech se zvětšují. Okraje kolonií často vykazují modrou, zelenou nebo červenou autofluorescenci, díky které je možné rozpoznat různé druhy *Legionell*. Test při těchto podmínkách dosahuje 100% citlivosti. [45]; [61]

A.9.3. Přímá imunofluorescence

Metoda, která byla jako první používána k detekci legionel v plicní tkáni a respiračních sekretech. Bakterie lze detekovat i po několika dnech zahájení antibiotické léčby. Výsledek je k dispozici rychle, ve většině případů do čtyř hodin. Tato metoda je také využívána k

přesné identifikaci kmenů bakterie. Fluorescenčně značené protilátky jsou k dispozici pro Legionellu pneumophila a některé další druhy. [45]; [61]

A.9.4. Detekce nukleových kyselin pomocí PCR

Polymerase chain reaction lze využít k detekování infekce Legionellou všemi známými kmeny této bakterie. Nejvyšší citlivosti dosahuje při detekci Legionelly z dýchacích cest. [45]; [61]

A.9.5. Sérologie

Při detekci legionářské nemoci je využito lidského imunoglobulinu IgA, IgG a IgM, které mohou reagovat s antigenem u L. pneumophila. Detekce imunoglobulinu IgM je využívána při infekční sérologii, protože IgM se objeví v průběhu nemoci. Přesto je ale IgM nespolehlivý marker pro měření akutní infekce, protože protilátky IgM mohou přetrvávat delší dobu. Tato metoda je považována za méně spolehlivou a může trvat i několik týdnů než dojde k sérokonverzi nebo-li zvýšení protilátek. [45]; [61]

Pro odhalení legionelového zápalu plic je nutné provést rentgenové vyšetření hrudníku se zastřením části nebo celého plicního laloku, případně výpotkem v pohrudniční dutině. Z laboratorního vyšetření krve lze prokázat postižení více orgánových soustav - zvýšené jaterní enzymy, iontová nerovnováha způsobená průjmem a zvracením, rozpadající svalové barvivo (myoglobin) se při zánětu svalů vylučuje močí. [3]; [14]

A.10. Legionella v české legislativě

V této části je výběr z české legislativy, která se výrazněji zmiňuje o Legionelle. Jedná se převážně o legislativu k přípravě teplé vody. Tu lze rozdělit do tří hlavních oblastí. První oblast se zabývá teplou vodou z hlediska uživatelského komfortu, tedy zejména dostatečné množství TV s dostatečnými parametry teploty. Těmito požadavky se zabývá norma ČSN 06 0320/2006 Sb. Druhou oblastí jsou hygienické požadavky na kvalitu vody, zejména na dostatečnou ochranu před mikroorganismy žijícími v teplé vodě. Způsoby této ochrany jsou různé a jejich volba závisí na konkrétním použití. Tyto dvě oblasti řeší norma ČSN 06 0320/2006 Sb., hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu řeší vyhláška č. 252/2004 zákona č. 258/2000 Sb. Třetí oblastí je energetická náročnost přípravy TV, kterou se zabývá norma ČSN EN 15316–3. Pro tuto práci jsou stěžejní převážně první dvě oblasti. [35]; [36]

A.10.1. Požadavky ČSN 06 0320/2006 Sb.

Tato norma přímo popisuje procesy přípravy TV s ohledem na uživatelský komfort, tudíž pracuje s požadovaným velkým množstvím ohřívání vody. Současně popisuje i doporučenou ochranu TV před množstvím mikroorganismů. Slouží hlavně jako podklad pro návrhové výpočty potřeb TV. [35]

Z hlediska kritérií teploty TV, výpočty v normě obsažené vychází z předpokládané hodnoty studené vody 10 °C a TV před výtokovou armaturou (před smícháním) 50 až 55 °C, výjimečně 45 až 60 °C (např. velké kuchyně, restaurace). Tyto parametry mohou být navyšovány až na teplotu 70°C pro zamezení tvorby bakterií, nicméně je třeba dbát na bezpečnost provozu. [35]

Co se týče kritérií výpočtů potřeby TV, jsou vztažena pro konkrétní místo spotřeby. Z tohoto důvodu je potřeba následně navýšit předpokládanou spotřebu koeficientem (1+z). Tím je zohledněna tepelná ztráta při ohřevu, při distribuci a případně při cirkulaci. Výslednou hodnotu potřeby dostaneme součtem dílčích hodnot potřeb pro mytí osob, mytí nádobí a úklid. Pro stanovení potřeby se vychází z charakteristiky výtoků. [35]

A.10.2. Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví

§ 3 Hygienické požadavky na vodu

Tento paragraf zákona nám vymezuje základní pojmy pitná a teplá voda, stanovuje hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu, dále určuje mezní a doporučené limity pro dané látky. Stanovuje požadavky na provozovatele vodovodu a na hygienické parametry teplé vody.

„(1) Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání.“ [18]

„Hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu pitné vody se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem, nebo jsou povoleny nebo určeny podle tohoto zákona příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví.“ [18]

„Hygienické limity se stanoví jako nejvyšší mezní hodnoty, mezní hodnoty a doporučené hodnoty. Doporučené hodnoty jsou nezávazné hodnoty ukazatelů jakosti pitné vody, které stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace dané látky.“ [18]

„(2) Provozovatel vodovodu pro veřejnou potřebu je povinen zajistit, aby dodávaná pitná voda měla jakost pitné vody. Povinnost podle věty první mají, není-li dále stanoveno jinak, i vlastníci vodovodu pro veřejnou potřebu, který je nositelem práv a povinností provozovatele, osoba, která zajišťuje náhradní zásobování pitnou vodou, osoba, která vyrábí pitnou vodu z individuálního zdroje jako součást své podnikatelské činnosti, pro jejíž výkon musí být používána pitná voda, a osoba, která dodává pitnou vodu pro veřejnou potřebu.“ [18]

„(3) Teplá voda dodávaná jako součást podnikatelské činnosti osoby nebo jiné činnosti právnické osoby musí splňovat hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních,

chemických a organoleptických ukazatelů jakosti, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem; za splnění této povinnosti odpovídá výrobce teplé vody. Teplou vodu dodávanou potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem, které jsou konstrukčně propojeny směšovací baterií s vodovodním potrubím pitné vody, může výrobce vyrobit jen z vody pitné.“ [18]

„(4) Na žádost osob uvedených v odstavci 2 může příslušný orgán ochrany veřejného zdraví povolit na časově omezenou dobu užití vody, která nesplňuje mezní hodnoty ukazatelů vody pitné, s výjimkou mikrobiologických ukazatelů.“ [18]

A.10.3. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění

§ 1 Předmět úpravy

„Touto vyhláškou se v souladu s právem Evropských společenství stanoví hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody včetně pitné vody balené a teplé vody dodávané potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem, které jsou konstrukčně propojeny směšovací baterií s vodovodním potrubím pitné vody, jakož i vody teplé vyráběné z individuálního zdroje pro účely osobní hygieny zaměstnanců. Vyhláška dále stanoví rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody.“ [19]

§ 3 Ukazatele jakosti pitné a teplé vody a jejich hygienické limity

„Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví.“ [19]

§ 4 Kontrola pitné vody

„Minimální roční četnost odběrů a rozborů vzorků pitné vody pro provádění kontroly, zda voda má jakost pitné vody, stanoví příloha č. 4. Je-li pitná voda dodávána jen po část roku (sezonně), četnost rozborů se úměrně krátí, nesmí však být menší, než uvádí nejnižší kategorie přílohy č. 4. Minimální rozsah kontrolních rozborů vzorků pitné vody stanoví příloha č. 5.“

„(2) Mimo četnost uvedenou v odstavci 1 se odběry a rozborů vzorků pitné vody provádějí z nové části vodovodu, která má být uvedena do provozu,

b) v případě přerušování zásobování vodou na více než 24 hodin,

c) před zahájením sezonního využívání části vodovodu nebo individuálního zdroje pitné vody, u zdrojů s minimální četností rozborů a sezónním provozem do 6 měsíců, které jsou provozovány podle § 3 odst. 2 písm. a) až d) zákona, je možno tento rozbor započítat do minimální roční četnosti podle odstavce 1,

d) po opravě havárie vodovodu, která by mohla ovlivnit jakost vody ve vodovodu.“ [19]

§ 8 Místa splnění požadavků na jakost pitné a teplé vody

Z hlediska pitné vody jsou pro nás důležité převážně první dva uvedené body.

„(1) Hygienické limity ukazatelů jakosti pitné vody musí být dodrženy

a) u pitné vody, která je dodávána z rozvodné sítě, v místě uvnitř budovy nebo na pozemku, kde pitná voda vytéká z kohoutků určených k odběru pro lidskou spotřebu,

b) u pitné vody, která je dodávána ze studní, uměle instalovaných nádrží nebo cisteren, v místě jejího výtoku ze studny, nádrže nebo cisterny,“

Zbývající dva se vyjadřují k vodě balené a vodě používané v potravinářských zařízeních.

„(2) Hygienické limity ukazatelů teplé vody musí být dodrženy na všech místech uvnitř stavby nebo na pozemku, kde teplá voda vytéká z kohoutku nebo ze sprchy.“ [19]

Příloha 2

Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele teplé vody podle § 3 odst. 3 zákona a jejich hygienické limity:

Mikrobiologické požadavky					
č.	Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu	Vysvětlivky
1	Legionely	KTJ/100ml	100	MH	1, 2
2	Legionely	KTJ/100ml	0	NMH	1, 3
3	Počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	200	200	1

Tabulka A.10.1 Tabulka č.1 – Mikrobiologické požadavky [19]

Vysvětlivky:

1. „Odběr vzorků pro stanovení ukazatelů teplé vody (s výjimkou cíleného epidemiologického šetření) se provádí po odpuštění vody po dobu 1 minuty.“
2. „Limit jako mezní hodnota platí pro zdravotnická a bytovací zařízení, pro teplou vodu dodávanou do sprch umělých nebo přírodních koupališť a pro pitnou vodu použitou pro výrobu teplé vody; pro ostatní objekty platí jako doporučená hodnota, o kterou je nutné pomocí technických opatření usilovat.“
3. „Limit jako nejvyšší mezní hodnota platí pro oddělení nemocnic, kde jsou umístěni imunokompromitovaní pacienti, jako jsou například oddělení transplantační, nedonošenecká, anestezioreuscitační, dialyzační, onkologie, hematoonkologie, jednotky intenzivní péče.“ [19]

Příloha 3

Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele teplé vody vyráběné z individuálního zdroje pro účely osobní hygieny zaměstnanců a jejich hygienické limity

Ukazatel	Jednotka	Limit	Vysvětlivky
atypická mykobakteria	KTJ/1000 ml	100	1,3
Escherichia coli	KTJ/100 ml	0	
Legionela spp.	KTJ/100 ml	100	2,3
počet kolonií při 36°C	KTJ/1 ml	200	
Pseudomonas aeruginosa	KTJ/100 ml	0	
Staphylococcus aureus	KTJ/100 ml	0	

Tabulka A.10.2 Tabulka č.2 – A. Mikrobiologické požadavky [19]

Vysvětlivky:

2. „Vyšetření na přítomnost Legionella spp. není potřeba provádět, jestliže je ohřev prováděn v místě spotřeby, jako zejména průtokovým ohřivačem.“

3. „Ukazatelé se stanovují pouze v případě výroby teplé vody ze zdroje povrchové vody nebo důlní vody, s centrálním ohřevem a rozvodem.“ [19]

Příloha 4

A. Minimální roční četnost odběru a rozsah rozborů vzorků pitné vody (mimo balené vody)

Počet obyvatel zásobované oblasti při denní spotřebě 200 l na osobu	Objem vody rozváděné či produkováné v zásobované oblasti [m3/den]	Roční počet vzorků pro krácený rozbor	Roční počet vzorků pro úplný rozbor
≤ 50	≤ 10	1	1 za dva roky
> až 50 ≤ 100	> 10 až ≤ 20	2	1
> až 100 ≤ 500	> 10 až ≤ 100	3	1
> 500 až ≤ 5 000	> 100 až ≤ 1 000	4	2
> 5 000 až ≤ 50 000	> 1 000 až ≤ 10 000	4+3 za každých 1000m3/den (včetně nedokončených z celkového objemu)	1+1 na každých 3300 m3/den (včetně nedokončených z celkového objemu)
> 50 000 až ≤ 500 000	> 10 000 až ≤ 100 000		3+1 na každých 10000 m3/den (včetně nedokončených z celkového objemu)
> 500 000	> 100 000		10+1 na každých 25000 m3/den (včetně nedokončených z celkového objemu)

Tabulka A.10.3 Tabulka č.3 – A. Minimální roční četnost odběru a rozsah rozborů vzorků pitné vody (mimo balené vody) [19]

A.10.4. Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

§ 3 Obecné hygienické požadavky na výrobky přicházející do přímého styku s vodou

„(1) Výrobky přicházející do přímého styku s vodou musí být vyrobeny v souladu se správnou výrobní praxí tak, aby za obvyklých a předvídatelných podmínek používání nedocházelo k přenosu jejich složek do vody v množství, které by mohlo být nebezpečné pro lidské zdraví, nebo způsobit nežádoucí změny ve složení vody, popřípadě ovlivnit její sensorické vlastnosti; nesmějí obsahovat patogenní mikroorganismy, být zdrojem mikrobiálního nebo jiného znečištění vody a obsahovat radioaktivní látky nad limity stanovené zvláštním právním předpisem 2).“ [62]

Dále nám vyhláška udává požadavky na chemické látky a chemické směsi.

§ 13 Chemické látky a chemické směsi určené k úpravě vody na vodu pitnou nebo teplou

„(1) Chemické látky a chemické směsi určené k úpravě vody na vodu pitnou nebo teplou nesmí v množství přesahujícím detekční limit metody, uvedený v příloze č. 6 písm. B zvláštního právního předpisu 3), obsahovat žádné cizorodé látky typu pesticidů, polyaromatických uhlovodíků nebo kyanidů, které nejsou přirozenou součástí výchozí suroviny nebo nevznikají ze suroviny během výroby chemické látky nebo chemické směsi. Chemické látky a chemické směsi nesmějí dále obsahovat patogenní mikroorganismy, být zdrojem mikrobiálního nebo jiného znečištění vody a obsahovat radioaktivní látky nad limity stanovené zvláštním právním předpisem 2). Požadavky na čistotu a bezpečnost základních chemických látek nebo chemických směsí používaných k úpravě vody na vodu pitnou nebo teplou jsou obsaženy v příloze č. 2.“ [62]

V této příloze jsou požadavky na většinu látek. V případě Legionelly nás hlavně zajímají například sloučeniny chloru a ozon. Obsah volného chlóru v upravené vodě nesmí překročit hodnotu 0,3 mg/l. Pro ozon to jsou 2 až 4 mg na litr upravované vody při působení 4-6 minut. Zbytková koncentrace 0,4 mg na litr upravené vody. [62]

A.11. Surveillance

Legionelóza je v České republice, stejně jako ve většině evropských zemí, sledována v systému epidemické bdělosti, surveillance. Toto zařazení znamená provádění trvalého a komplexního dozoru a sledování vybraných infekčních onemocnění a současně sběr informací o podmínkách faktorů zevního prostředí, které výskyt těchto onemocnění ovlivňují.

Do systému epidemiologické bdělosti podle vyhlášky č. 473/2008 Sb., a její novely vyhláškou č. 275/2010 Sb., je zahrnuto 28 infekcí. Česká republika respektuje závazky vyplývající z nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) o zřízení Evropského střediska pro kontrolu nemocí a předává

cestou Ministerstva zdravotnictví data o infekcích v rozsahu informací vyžadovaných rozhodnutími ES.

Vyhláška 473/2008 Sb., o systému epidemiologické bdělosti pro vybrané infekce

„Tato vyhláška upravuje rozsah infekcí, pro které je zaveden systém epidemiologické bdělosti (surveillance),“ a stanoví

- a) rozsah shromažďovaných údajů o infekcích, způsob a lhůty jejich hlášení,*
- b) laboratorní diagnostiku, epidemiologické šetření a stanovení druhu a způsobu provedení protiepidemických opatření infekčních onemocnění,*
- c) základní charakteristiku, klinickou definici a klasifikaci infekčních onemocnění.“ [20]*

Příloha 10

Systém epidemiologické bdělosti legionelózy

V této příloze je popsán systém epidemiologické bdělosti legionelózy, který je rozdělen do sedmi článků. [20]

Čl. 1 – Klinická definice legionelózy, jsou zde uvedena a popsána onemocnění, legionářská nemoc a pontiacká horečka, jejich průběh, příznaky a inkubační doba. [20]

Čl. 2 – Laboratorní diagnostika, kritéria pro prokázání legionelózy (např. přímý průkaz antigenu v moči, průkaz specifických látek v séru). [20]

Čl. 3 – Epidemiologická kritéria, při kterých musí dojít k expozici stejnému rezervoáru, jako již u potvrzeného případu onemocnění. [20]

Čl. 4 - Klasifikace případů onemocnění. Tato klasifikace je rozdělena do několika skupin – A) Možný, B) Pravděpodobný, C) Potvrzený, a podrobnější klasifikace pro účely národního systému epidemiologické bdělosti. [20]

Čl. 5 – Shromažďování údajů a jejich hlášení, *„Osoba poskytující péči, která diagnostikuje onemocnění legionelózou, neprodleně hlásí orgánu ochrany veřejného zdraví onemocnění a úmrtí na toto onemocnění.“ [20]*

Čl. 6 – Epidemiologické šetření při podezření na výskyt legionelózy, *„Osoba poskytující péči, která vyslovila podezření na onemocnění legionelózou, provede odběry biologického materiálu“... „k laboratornímu průkazu etiologie a zajistí jejich transport do vyšetřující laboratoře. Vykultivované kmeny, případně odebraný biologický materiál, předá laboratoř do Národní referenční laboratoře pro legionely k identifikaci a typizaci nebo zpracování. Epidemiologické šetření zajistí orgán ochrany veřejného zdraví, zejména s cílem určit rezervoár infekce a cestu přenosu.“ [20]*

Čl. 7 - Protiepidemická opatření v ohnisku onemocnění legionelózou, jimiž jsou:

„1. Hlášení onemocnění legionelózou podle článku 5.

2. Zajištění odběru biologického materiálu k ověření diagnózy, jeho transport do příslušné laboratoře.

3. *Epidemiologické šetření v ohnisku nákazy včetně vymezení dalších ohrožených osob, prověření cestovní anamnézy, odběrů vzorků vod z technických zařízení, návrhu na technickou revizi.*“
[20]

A.11.1. Rozdělení legionelózy dle typu expozice:

A.11.1.1. Cestovní legionelózy

Expozice zdroji nákazy je úzce svázána s pobytem v přechodných ubytovacích zařízeních, jako jsou hotely, penziony nebo kempy. K rozvoji onemocnění z pravidla dochází až po návratu pacienta domů. Šetření cestovních legionelóz přispívá také k odhalování nových ekologických zdrojů. [20]; [46]; [47]

A.11.1.2. Nozokomiální legionelózy

K onemocnění legionelou dochází také v souvislosti s léčením, ošetřováním a vyšetřováním osob ve zdravotnickém zařízení. Což je způsobeno nahromaděním vnímavých jedinců. Nozokomiální legionelóza má závažnější průběh, vyšší smrtnost a v etiologii širší druhové spektrum Legionell. Četnost nozokomiální legionelózy se pohybuje od 0 % do 47 % a závisí na množství mikrobů, na jejich virulenci, na spektru pacientů a jejich vnímavosti k infekci, na míře expozice a na dostupnosti identifikačních metod pro Legionelly v jednotlivých nemocnicích. [20]; [46]; [47]

A.11.1.3. Profesionální legionelózy

Legionelly pocházející z pracovního prostředí. Typické pro pracoviště s rizikovou expozicí technickým vodním systémům a aerosolu. [20]; [46]; [47]

A.11.1.4. Komunitní legionelózy

Nákaze jsme vystaveni z ostatních rezervoárů, mezi nejvýznamnější můžeme zařadit vodní systémy opatřené chladícími věžemi nebo odpařovacím kondenzátorem, kdy jsou průmyslové budovy umístěny v blízkosti bytové zástavby. Dále jsou to špatně udržované teplovodní systémy a ostatní systémy, jejichž teplota může přesáhnout 20°C a kde vzniká aerosol. Vystaveni můžeme být také během relaxačních aktivit při návštěvě akvaparku, wellness nebo sauny. Mezi komunitní legionelózy řadíme i onemocnění osob po expozici v domácím prostředí, z koupelen rodinných domů a bytů. V současné době je největší pozornost upřena na velké systémy zásobování celých sídlišť teplou vodou, z kterých se zvyšuje počet případů tzv. panelákových legionelóz. [20]; [46]; [47]

Odborným orgánem pro dozor nad Legionellami v rámci EU je Evropská pracovní skupina pro Legionellové infekce (The European Working Group for Legionella Infections – EWGLI), která je

sdílením vědců ze spolupracujících zemí při řešení epidemiologických a mikrobiologických otázek u legionelóz. Tato pracovní skupina byla založena v r. 1986 a je dále koordinována při řešení epidemií za pomoci EWGLINET (Evropská epidemiologická síť pro sledování Legionell), která byla v roce 2010 transformována do ELDSNet (European Legionnaires' Disease Surveillance Network). Tato síť je dále součástí ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) ve Stockholmu. Převážnou činnost ELDSNetu tvoří sledování cestovních legionelóz, koordinace a standardizace laboratorních služeb a vedení databází legionelových kmenů. [43]; [49]; [50]

A.12. Prevence legionelóz

Je prakticky nemožné provozovat distribuční síť pitné vody neobsahující Legionelly a ostatní nežádoucí mikroorganismy. Stejně tak se nevyhneme kontaktu s vodou v průběhu běžného dne. Nicméně ve specifických podmínkách je to nevyhnutelné, s tímto požadavkem se například shledáváme v nemocnicích s transplantologickými útvary. [1]; [51]

Zároveň je třeba omezit nebo se úplně vyvarovat kontaktu s aerosoly, což nepatří mezi triviální záležitosti. Nicméně v dnešní době takové řešení existuje a je založeno na technické konstrukci různých sprch, rozprašovačů a podobných zařízení, ty mají za cíl vyloučit tzv. respirabilní frakci aerosolu, což je velikost částic $< 5 \mu\text{m}$. Další možností pro čisté provozy, jako jsou nemocnice, je využití sterilní vody místo té z vodovodního řadu. [1]; [51]

Abychom dosáhli snížení rizika infekce Legionellou je nutná výrazná redukce dávky Legionell v pitné vodě. Pro správné odstranění místní kontaminace je nutno analyzovat celý systém se snahou o objevení jádra problému. Odstraněním systémové kontaminace by mělo být prvním krokem k likvidaci kontaminace místní. [1]; [51]

Prevenčí před onemocněním legionelózou rozumíme omezení tvorby aerosolů, minimalizaci výskytu Legionell v rozvodech studené a zejména teplé vody. [1]; [51]

Přičemž za přijatelnou úroveň nutno považovat jejich přirozenou denzitu ve studené vodě, tj. $< 10 \text{ KTJ}/100 \text{ ml}$. [1]; [51]

A.13. Kontaminace vody Legionellou

V této části se budu převážně věnovat pitné vodě, pro kterou je znečištění nejvýznamnější. Pitnou vodu patří k nejzákladnějším životním potřebám člověka. Volbou vhodného příjmu dosáhneme správné funkčnosti většiny procesů v těle a duševní pohody. Naopak v případě, kdy se nevyvarujeme chyb v systému a voda neodpovídá hygienickým požadavkům, může docházet ke zdravotním problémům akutního či chronického rázu. Riziko spojené s nevhodnou kvalitou nelze vyloučit u žádné vody, bez ohledu na to, zda se jedná o vodu z vodovodního řadu, studnou, o vodu speciálně upravovanou nějakým zařízením nebo vodu balenou. Ani u té si nemůžeme být jisti její kvalitou s ohledem na proces výroby, formu distribuce a špatnou formu uskladnění.

Kontaminaci rozvodů pitné vody můžeme rozdělit dle charakteru na lokální a systémovou. [18]; [23]; [50]; [57]

A.13.2. Lokální kontaminace

Lokální kontaminací nazýváme místa, kdy nedochází k poškození celého rozvodného systému. Kontaminace vzniká nejčastěji v koncích rozvodů, ve výtokových místech (baterie, kohouty, sprchy,...) a lze ji krátkodobě a okamžitě výrazně omezit prostým odtáčením vody, proplachem, k čemuž většinou stačí pět minut. Větší pozornost musíme věnovat slepým ramenům rozvodu nebo málo průtočným částem obecně, kde z důvodu nízkého proudění dostává bakterie více času pro svůj rozvoj. Obecně lze říci, že stagnace vody vede ke snížení teploty, což zajišťuje lepší podmínky k přežití Legionell. [1]

A.13.3. Systémová kontaminace

Systémová kontaminace postihuje centrální úseky systému. Většinou nedochází k napadení výtokových konců a jejich přípojek. Z tohoto důvodu nelze kontaminaci eliminovat proplachem z výtokových míst, ale je nutné využití dezinfekce. Mezi nejběžnější způsoby dezinfekce patří chemické či termické, případně kombinace těchto dvou způsobů. Abychom dlouhodobě zamezili výskytu bakterií, musí dojít ke změně provozu, údržby a sanitace rozvodů, i řadě technických a stavebních opatření. V opačném případě zanedlouho dojde k opětovnému nárůstu bakterií na podobnou úroveň a bude potřeba další dezinfekce. [1]

Typickým příkladem systémové kontaminace jsou zásobníkové ohříváče. Charakteristický znak systémové kontaminace lze pozorovat při měření výskytu Legionelly v místě výtoku, kdy se koncentrace bakterií ani po dlouhé době odběru vody nesnižuje, protože dochází k vyplavování dalších bakterií z jejich kolonií uvnitř systému. [1]

A.14. Vhodné podmínky pro výskyt Legionelly a technická opatření

Pro správnou funkci systému je nejprve třeba stanovit několik základních faktorů, které musí být eliminovány nebo alespoň minimalizovány pro zabránění tvorby Legionell a jiných mikroorganismů.

Prvním z nich je **vliv teploty**. Z hlediska teploty nejideálnějšími podmínkami pro rozvoj Legionell a mikroorganismů obecně je rozpětí 20 až 45°C. Ne nadarmo se udržuje ohřev TV minimálně na hodnotě 55°C, kdy již 50°C zajišťuje výrazné snížení kontaminace rozvodů. Pokud to podmínky povolují je vhodné teploty ještě zvýšit až na 60°C. což má ale i svá úskalí z hlediska komfortu a možnosti opaření. Při této teplotě je již výrazně omezena tvorba biofilmů (nárůsty organismů na vnitřní stěně potrubí) kvalitativně i kvantitativně s absencí Legionell v nich. Stejně tak studená voda by neměla překročit 20°C po odtáčení vody po dobu 2 minut. [1]; [8]; [13]; [37]; [51]

Nevhodným použitím cirkulačních čerpadel, což má za následek odebírání nedostatečného objemu vody z jednotlivých větví do cirkulačního potrubí, takže nelze udržet minimální teplotní diference mezi místy odběru, dochází k prodloužení doby náběhu nastavené teploty TV a ke stagnaci vody, špatnou volbou potrubí, nebo při výrazných změnách v jejich hydraulických charakteristikách může dojít k **nesprávné funkci cirkulace**. [1]; [13]; [37]; [51]

Pro správnou **regulaci systému** studené i teplé vody je třeba zajištění teplotních a tlakových poměrů na jednotlivých stoupacích potrubí. Zde by mělo platit, že doba náběhu do konstantní teploty TV by měla nastat do 30s. Stejně tak teplotní rozdíly mezi nejvzdálenějšími výtakovými místy TV na stejném podlaží při stejném zdroji ohřevu by měli být max. 3 °C po 30 sekundovém plném průtoku vody. Dále teplota vody vratné, vstupující do ohřevu nesmí poklesnout proti vodě vystupující z ohřevu o více než 5 °C. Dále by rozdíl zaznamenaný na výtocích neměl být vyšší než 10°C. [1]; [13]; [37]; [51]

S tímto požadavkem souvisí také zamezení **velkých rozdílů tlaku**. Pro správnou funkčnost systému je třeba **údržba TV a úprava vody před ohřevem**. Která spočívá převážně v odkalování a čištění výměníku. [1]; [13]; [37]; [51]

K tvorbě bakterií také napomáhá **stagnující voda**. Abychom se tomuto problému vyvarovali je třeba dbát na vyváženost systému s minimálním počtem slepých ramen, kde nedochází k častému odběru. Což následně způsobuje špatný dosah desinfekčních prostředků a opětnou rekontaminaci systému. Proto je nutné celý systém prověřit a následně správně zaregulovat a pokud možno odpojit slepá ramena. Kromě samotného potrubí hrají roli také **vodní armatury** a převážně jejich těžká přístupnost pro efektivní údržbu. [1]; [13]; [37]; [51]

Dalším důležitým faktorem je **materiál potrubí a armatur**. Je třeba zvolit takový materiál, který nejlépe brání tvorbě mikroorganismů. Nevhodně zvolený materiál může uvolňovat organické látky, těžké kovy a tím tvořit zákal a celkově snižovat kvalitu distribuované vody. [1]; [13]; [37]; [51]

Je třeba se také vyvarovat nevhodnému návrhu **výtakových zařízení** (baterie, kohouty, ventily, sprchy, perlátory) a je třeba pravidelně kontrolovat jejich stav mimo jiné z hlediska jejich kontaminace mikroorganismy, biofilmy a tvorby aerosolů. [1]; [13]; [37]; [51]

S tím souvisí také hlídání **dostatečně vysoké teploty na výtakových místech z distribuční sítě**. Nízká teplota je způsobena převážně špatnou regulací systému, ale také předimenzovanou kapacitou zásobníku TV, nedostatečným čerpáním vody a technickou konstrukcí rozvodů. Tomuto problému nevyhází vstříc ani legislativa, která požaduje provoz TV v rozmezí 45 až 60°C. [1]; [13]; [37]; [51]

Předimenzováním zásobníku teplé vody vede ke stagnaci a následnému poklesu teploty a osídlení Legionellou. Při zanedbání údržby dochází ke tvorbě kalů a sedimentů. Tvorba **kalů a**

sedimentů se netýká pouze zásobníku teplé vody, ale také ohřivačů a neprůtočných úseků. Proto lze obecně říci, že je nutná **údržba a sanitace systému**. Je potřeba pravidelně odkalovat, proplachovat, odstraňovat inkrusty, používat protikorozi ochranu a **hlídat kvalitu vody vstupující do objektu**. [1]; [13]; [37]; [51]

Prakticky nemyslitelné je v dnešní době při návrhu opomenout **technické zabezpečení**, které zabezpečí nasazení nárazové nebo kontinuální dezinfekce. Se **stářím rozvodů** narůstá také jejich citlivost, dochází k větší tvorbě inkrustů, sedimentů, biofilmů. Vznik koroze limituje použití dezinfekcí, podporuje uchycení mikroorganismů a následně jim poskytuje ochranu. U starších systému dále dochází vlivem úprav, instalací a připojení dalších úseků k **narušení původního hydraulického stavu sítě**. Následkem čehož dochází ke **změně hydraulických charakteristik potrubí**, špatné cirkulaci, snížení teploty na odběrových místech. [1]; [13]; [37]; [51]

Pro správnou funkci je také třeba optimální návrh **izolace potrubí** abych zabránili ochlazování teplé vody a ohřev vody studené. S tím také souvisí vhodný návrh rozvodů a dostatečný odstup potrubí od sebe. Zvýšení teploty studené vody by nemělo být vyšší než 2 °C. Systém musí být také vybaven ochranou proti zpětnému průtoku vody. [1]; [13]; [37]; [51]

Důležitá je také délka sítě a objem vody obsažen v systému, což se odvíjí od **velikosti objektu**. Čím rozsáhlejší systém máme, tím je komplikovanější jeho regulace, postarat se o to, aby se dezinfekce dostala i do těch nejvzdálenějších větví. Pro tento účel je potřeba dlouhodobějších dezinfekcí, mezi které například patří chlordioxid ClO₂. Vhodné je také systém doplnit o další dezinfekci v podobě filtrů nebo UV lamp za nimiž se kontaminace sníží. [1]; [13]; [37]; [51]

Poslední podmínkou je **správný přísun živin**. Obecně lze říci, že pitná voda je chudá na živiny a zahrnutí hodnot TOC (celkový organický uhlík), AOC (asimilovatelný organický uhlík) a BDOD (biodegradabilní organický uhlík), které ukazují na potenciální biologickou stabilitu vody, není požadováno. [1]; [13]; [37]; [51]

Abychom se vyvarovali těmto problémům, je třeba zvolit vhodná technická a organizační opatření pro správnou funkci systému. Návrh parametrů, které by měl splňovat distribuční systém teplé vody s ohledem na minimalizaci rozvoje Legionell, je dle metodického doporučení Státního zdravotního ústavu – Oddělení hygieny vody ke kontrole jakosti teplé vody (zvláště s ohledem na riziko přítomnosti Legionell) podle § 3 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb. v platném znění rozdělen do několika bodů.

A.15. Tvorba Legionelly vzhledem k materiálu potrubí

Volba potrubí nehraje oproti jiným vstupním parametrům až takovou roli z hlediska rozmnožování Legionelly. Nicméně rozdíly v rychlosti a četnosti tvorby biofilmu se napříč materiály projevuje. Rozhodujícím faktorem je původní přilnavost povrchu, kdy u mědi dochází k opožděnému vzniku biofilmu. Avšak po úspěšném vytvoření biofilmu na jednom místě dojde

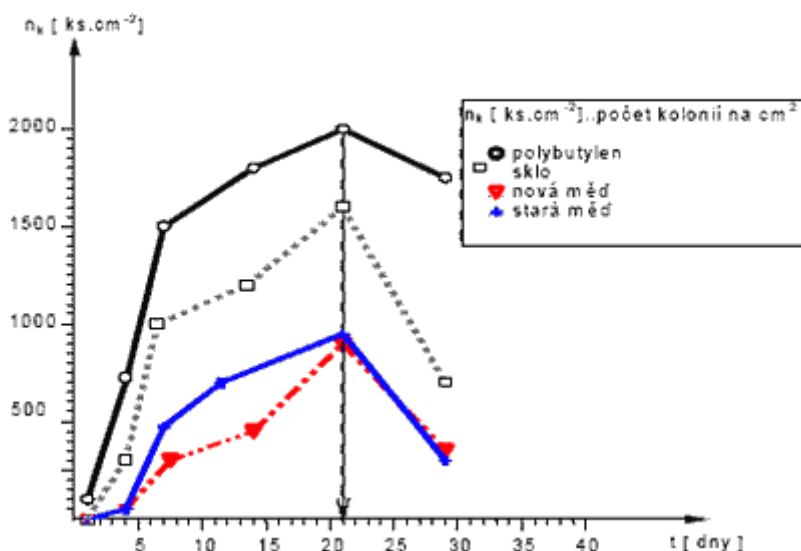
k následnému relativně rychlému rozšíření po celém systému, a tak počáteční výhoda ztrácí efekt. Experimenty prokázaly, že již v rozmezí 1 týdne se bakterie a mikrobi ulpí téměř na všech površích, s výjimkou měděných. Pryžová těsnění jejich růst dokonce podporují. [24]

Nicméně pro představu bylo již několik let nazpět provedeno měření, které vykazuje největší kolonizaci na **pryži a plastech a nejnižší na mědi**. V případě měkké až středně tvrdé vodě biofilmy pokrývají v případě plastů 25 až 43 % povrchu, u mědi do 2 %. U tvrdé vody nehraje materiál takovou roli, neboť uhličitán vápenatý pokrývá povrch a ten se nedostane do přímého kontaktu s materiálem. Některé materiály, které primárně nepodporují množení mikrobů, mohou být časem osídleny v důsledku hromadění živin. [24]

Tabulka A.16.1 Porovnání materiálů z hlediska osídlení mikroflórou a Legionellou [24]

Materiál	Osídlení*		Relativní osídlení	
	Mikroflóra celkově	Legionella pneumophila	Mikroflóra celkově	Legionella pneumophila
Měď	70	0,7	1	1
Sklo	150	1,5	2,1	2,1
Polybutylen	180	2	2,6	2,8
Polyetylén	960	23	13,7	33
Tvrdý PVC	1070	11	15,3	15,7
Etylen-propylen kopolymer	27 000	500	386	714

* počet kolonií 1×10^3 na 1 cm^2



Graf A.16.1 Původní údaje z tabulky

A.16. Technická a organizační opatření dle Státního zdravotního ústavu

A.16.1. Regulace distribučního systému, monitorování teplotního režimu

Výstupní voda z ohřevu by měla mít teplotu alespoň 60 °C, při kterých by měla být také uchovávána a distribuována tak, že během jedné minuty zajistí teplotu minimálně 50 °C, lépe však 55 °C. V systému cirkulující teplé vody by neměla poklesnout teplota vratné vody o více než 5 °C proti výstupní vodě z ohřevu, kde by teplota měla být 55°C a ne méně než 50°C. Naopak studená voda v rozvodech by měla být držena pod hranicí 20°C po odtáčení vody po dobu 2 minut. [26]

Rozvodný systém, by měl být správně vyregulován, co se týče teploty vody, jejího tlaku a také průtoku. Cílem je dosažení vyrovnaného tlaku, teploty a průtoku teplé vody na jednotlivých stoupačkách. Dále je třeba zajistit, že rozdíl mezi teplotami na výtocích po odtáčení vody během jedné minuty, by neměl být vyšší než 10°C. Pokud naměříme větší teplotní rozdíly, může to znamenat nedostatečný průtok vody potrubím, špatnou izolaci, potrubí či dokonce špatně navržený systém rozvodu vody například způsobující zpětný tok v potrubí. [26]

A.16.2. Ostatní technické požadavky

Tyto požadavky jsou zaměřeny na úpravu systému v místech, kde může docházet a obvykle dochází k velkým kolonizacím mikroorganismů a tato místa by měla být ze systému odstraněna. Jedná se o slepá či nevyužívaná potrubí a zásobníky vody, dále místa, která mají malý nebo žádný průtok vody ať už teplého či studeného rozvodu. Měli bychom se vyhnout předimenzování zásobníku studené vody. Její skladovaný objem, by měl odpovídat spotřebě na jeden den. [26]

Dále by měl být umožněn teplotní šok. Zajistit možnost periodického zvyšování teploty vody v systému na 70 °C. Po dobu tří dnů dochází k cirkulaci vody celým systémem za podmínky minimální teploty na výtocích 65°C. Pokud toto není proveditelné, je nutno zajistit jiný způsob dezinfekce teplé vody. V systému bychom měli být schopni udržovat stálou teplotu vody v rozmezí 55 – 56 °C. Jako další způsob dezinfekce, je zde uvedeno šokové hyperchlorování, které je prováděno jedinou dávkou chloru při teplotě nižší než 30 °C po dobu 1 až 2 hodin, podle použité dávky 20 – 50 mg/l, která musí být přítomna v celém systému. Je zde také možnost použití chlordioxidu (oxid chloričitý), který je méně prchavý a je účinnější proti biofilmům. [26]

Materiály, které jsou použité pro stavbu vodovodních rozvodů, musí být dle EN 16421:2012, návrh evropské normy testovacích metod pro stanovení vlivu materiálů na vodu určenou pro lidskou spotřebu takové, které nepodporují růst mikroorganismů. Nicméně v České republice prozatím takovéto testování není povinností. Systém rozvodů, vedoucí studenou vodu musí být dostatečně izolován a vzdálen od zdrojů tepla tak, aby nedocházelo

ke zvýšení teploty studené vody, a to o více jak 2 °C. Dle ČSN EN 1717, musí být rozvody chráněny, proti zpětnému průtoku vody. [26]

A.16.3. Sanitace a údržba

Provozní řád pro provoz zařízení na ohřev a rozvody teplé vody by měl obsahovat pokyny, týkající se sanitace a údržby. Mezi tyto činnosti můžeme zařadit pravidelné odkalování zásobníků na vodu a potrubí. Nečistoty v systému sťažují jeho regulaci v tlaku, teplotě a průtoku, zároveň ztěžují průchod dezinfekci a umožňují rozvoj a šíření mikroorganismů. [26]

Přílohou metodického doporučení SZÚ je „*Prevence nadměrného výskytu bakterií rodu Legionella v teplé a pitné vodě*“, což je výtah z technické normalizační informace TNI CEN/TR 16355 (75 5407) - „*Doporučení pro prevenci zvyšování koncentrace bakterií rodu Legionella ve vnitřních vodovodech pro rozvod vody určené k lidské spotřebě*“. V tomto dokumentu jsou obsažena preventivní opatření, která by měla snižovat riziko rozvoje Legionelly.

Teplotu v systému bychom měli udržovat mimo rozmezí teplot 25 – 55 °C, při které dochází k optimálním podmínkám pro rozvoj bakterií Legionella, v necirkulujícím vnitřním rozvodu teplé vody má být ve všech místech vodovodu dosaženo nejméně 55 °C. V případě cirkulačního rozvodu by v každém okruhu cirkulace mělo být minimálně 55 °C a při otevření kteréhokoliv výtokového místa by mělo být do 30 sekund dosaženo minimální teploty 60 °C.

Pozornost je nutno věnovat době stagnace vody v potrubí, která by měla být co nejvíce omezena. Tomu nejlépe zamezíme vhodným návrhem systému, případně se snažíme o rovnoměrný odběr nebo pravidelně jednou týdně provádět proplach každé části vodovodního rozvodu. [26]

Odbočky k uzávěrům nepoužívaných potrubí by měli být, pokud možno, co nejkratší, jejich délka by neměla být větší než dvojnásobek vnitřního průměru potrubí. Je vhodné nepoužívaná zaslepená potrubí odstranit nebo odpojit a upravit jako odbočky k uzávěrům nepoužívaného potrubí. [26]

Ohřívače a zásobníky je nutno odkalovat, stejně jako níže položená potrubí, kde může docházet k akumulaci sedimentu. Existence biofilmů umožňuje přežití a rozvíjení bakterií Legionelly, a proto je důležitá volba materiálu pro stavbu rozvodného systému, který omezuje tvorbu biofilmů a tím i růst bakterií. Teplota studené vody má být udržována na nízké úrovni a nesmí přesáhnout hranici 25°C. Proto je nutno dodržovat odstupové vzdálenosti a dbát na správné zaizolování rozvodů. Pokud je rozvod studené a teplé vody či ústředního topení veden souběžně, jejich vzdálenost mezi sebou musí být ve stěnách minimálně 125 mm a v podlahách či stěnách z betonu alespoň 200 mm. Pokud jsou rozvody vedeny skrze podhledy, musí být studená voda vedena pod potrubím s teplou vodou nebo ústředním topením a s dostatečnou vzdáleností. Jestliže jsou všechna potrubí umístěná v instalačních šachtách, tak

rozvod se studenou vodou má být veden odděleně v takzvané chladné šachtě. Těmito opatřeními se vyhneme nechtěnému ohřevu studené vody a riziku její následné kolonizace. Systém, vedoucí teplou vodu, by měl být navržen takovým způsobem, aby dokázal odolat teplotám alespoň 70 °C, aby bylo případně možné provádět termickou dezinfekci, a to ve všech místech rozvodného systému. [26]

A.17. Eradikace Legionelly

Následující část popisuje jednotlivé postupy a technologie pro eradikaci (přímou likvidaci) Legionelly ze systému vodovodu. Všechna z uvedených postupů vykazuje poměrně efektivní způsob, ale ne vždy s konstantními výsledky. Jedním z důležitých vlastností pro účinnost metody je schopnost narušovat a odstraňovat biofilm. Dalším rozhodujícím faktorem je reziduální efekt některých metod, kdy při vstupu Legionelly do systému je vytvořena kontinuální ochrana. Zajištění reziduálního efektu v celém objektu je potřebné pro metody chlorace, monochloraminu, chlordioxidu a Ag/Cu ionizaci. U těchto metod může dojít k náhlému vniku Legionelly do systému a její následné obtížné odstranění. Proto se tyto opatření zpravidla umísťují přímo na vstupu do systému. Nebo v případě vysokých požadavků na čistotu vody je vhodná kombinace několika metod. Účinnost některých metod výrazně klesá s měnícími se parametry vody. Pro správný účinek je třeba brát v úvahu kvalitu používané vody (pH, tvrdost, biologické znečištění, ...), materiál potrubí, stáří a stav systému a množství potřebné vody. Zabezpečení dokonalého udržování systému by mělo být prioritou pro všechny zmíněné metody. Technická opatření v rámci stavebních úprav znamenají zásah do celého systému. Důležitá je také údržba a funkčnost všech částí a zařízení rozvodného systému, aby následná dezinfekční opatření byla účinná. Vždy je daleko jednodušší prevence než následná „léčba“ systému.

Postupy používané k likvidaci můžeme rozdělit dle místa účinku na metody postihující celý systém a metody, které jsou účinné v bodě instalace (většinou na vstupu do systému). Mezi metody, které postihují celý systém můžeme například zařadit Ag/Cu ionizaci, termodezinfekci, chloraci (hyperchloraci), použití monochloraminu a chlordioxidu. Naopak metodami s lokální účinností jsou filtrace, ozonizace a UV zářiče. [56]; [67]

Z praxe již víme, že eradikace již existujících Legionelly z vodovodní sítě je téměř nemožné, a to z důvodů biologických i technických. Maximum, čeho lze dosáhnout, je jejich krátkodobá redukce na přijatelnou úroveň. [52]

V případě požadavku na úplnou absenci Legionelly v rozvodu pitné vody pro nejrizikovější část populace a tou jsou imunitně oslabení pacienti v nemocnicích (transplantace, ARO, JIP), musí být nález Legionelly negativní na objem 1 litru. Takový požadavek nelze prakticky splnit, jedním z řešení je nevyužívat síť pitné vody ani k pití ani k hygieně a současně se vyhnout aerosolům ze zařízení ve styku se sítí nebo napájenému ze sítě.

Další možnost představuje vybavit všechny výtoky (baterie, sprchy) filtry s porozitou 0,2 μm nebo UV lampou (polychromatickou s dávkou 30 mJ/m^2). Nebo pro přípravu malých objemů používat var či výdejní automaty, zařízení, udržující horkou vodu kolem 82 °C. [44]; [52]

Pro ostatní případy, tj. nemocnice s méně rizikovou skupinou pacientů, hotely, velké budovy a objekty postačí požadavek na přijatelnou dávku Legionelly v síti, tj. na úrovni 10 KTJ/100 ml a minimalizace % positivity výtokových míst ze sítě daného objektu pod 30 %. [44]; [52]

A.18. Způsoby odstranění Legionelly z vnitřního vodovodu

A.18.1. Termodezinfekce

Podstatou této metody je periodické zvyšování teploty po určitou dobu v celé síti teplé vody od zdroje až po výtoková místa, kde je stanovena doba proplachu při zvýšené teplotě. Dle CDC - Center for Disease Control and Prevention je doporučena termální dezinfekce při 71 °C s proplachem výtoků ze sítě 5 min. Původní návrh této metody počítal s 30 minutovým proplachem, což je velmi účinné, ale zároveň finančně i technicky velmi obtížné. Tato metoda ohřevu a proplachu je nazývána "Superheat and flush". Efekt je krátkodobý a musí se periodicky opakovat, aby se předešlo opětovné kolonizaci Legionellou. To je způsobeno většinou stávajícími problémy v rozvodném systému, a to právě přítomností biofilmů, sedimentů, inkrust, nevyužívaných nebo slepých ramen, úseků s malým průtokem vody. Tyto technické problémy v rozvodné síti způsobují, že nedochází k „prohřátí“ celého systému a následně vedou k opětovné kolonizaci. Proto pro dosažení kýžených výsledků musíme tuto metodu kombinovat s nějakých dalším opatřením. [1]; [28]; [53]; [55]; [56]; [66]; [67]

Pro udržování systému bez výraznější kontaminace zpravidla postačí, když budeme udržovat teplotu 60°C na výstupu z ohřevu a nejméně 55°C na jednotlivých výtocích. Nicméně tímto opatřením nedosáhneme eliminace Legionelly. [67]

Použití dezinfekce při 70 °C po 72 h s 20 až 30 minutovým proplachem sníží hodnotu kontaminace výtokových míst ze 30 až 40 % před zvýšením teploty, na 0 % po týdnu a 10 až 30 % po měsíci po zásahu. Avšak pokud snížíme teplotu o 10°C na 60 °C má metoda výrazně nižší efekt. Proto je tato šoková metoda vhodná pro stav nouze, kdy dojde k výraznému rozšíření bakterie v systému, například v nemocnicích. [1]; [67]

V praxi je využíváno i jiných metod termální dezinfekce, např. periodické zvyšování teploty v systému přípravy teplé vody přes 70 °C s proplachem distálních konců sítě po 10 min. vodou přes 60 °C. Dochází ke snížení % positivity výtoků ze sítě k nule a různě rychlá obnova % kontaminace na původní úroveň za 30 až 60 dní. [1]

V německé dokumentu DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.) W 551 a W 552 se uvádí, že provozně-technická opatření v rozvodech pitné vody jsou úspěšná v případě udržování teploty v celém systému nad 55°C. Přičemž přehřívací systémy je nutno jedenkrát

denně ohřát na 60 °C a zároveň je třeba periodicky termicky dezinfikovat. Toho dosáhneme nastavením ohřívače tak, aby na výtocích ze sítě minimálně 3 minuty odtékala 70 °C teplá voda.

[1]

Metoda tepelná dezinfekce redukuje vedle Legionelly i počty ostatních bakterií a plísní, při teplotách nad 60 °C minimalizuje i přítomnost prvoků, a tedy i améb. Efekt tepelné dezinfekce je velmi závislý na zvolené teplotě systému, kdy se výrazně snižuje při teplotách kolem 50 °C a méně. Zásobníky teplé vody provozované při 50 °C a méně umožňují osídlení Legionelly, převážně ve spodní části zásobníku, kde je nižší teplota a tvoří se tam usazeniny. [1]; [56]; [67]; [68]

Obecně je velmi obtížné Legionelly odstranit a s minimálním množstvím se setkáme ve většině systémů. Legionelly byly prokázány v cirkulující vodě při teplotě 66°C, ale také při 8°C. Z hlediska teploty Legionelly osidlují prostředí v rozsahu zhruba 6 až 63 °C, teplotě 55 °C dokáží odolávat po 60 minut. K inaktivaci roztoku Legionelly pneumophila s dávkou 10^8 KTJ/ml je potřeba 25 minut při teplotě 60°C. [1]; [56]; [66]; [67]; [68]

*„Hodnota D_{60} (decimal reduction time, 60 °C) pro nejrozšířenější *L. pneumophila* = 3,1 min.“*

Pokud budeme uvažovat přítomné sedimenty v rozvodech dostaneme se na hodnotu 4 minut. V případě termorezistentnější *L. micdadei* $D_{60} = 7,1$ (4,5 až 10,6). Uvedené hodnoty se vztahují průměrné hodnoty z klinických a enviromentálních kmenů bez zahrnutí vlivu sedimentace. Z toho vyplývá, že estimovaný 10 minutový proplach při 60 °C nemusí postačovat. [1]

Pro vhodné provedení termální dezinfekce se doporučuje nálež vhodnou časovou dobu, tak aby nedocházelo téměř k žádnému odběru. Pro většinu budov se jedná o noční hodiny během víkendu. Dále je vhodné upozornit obyvatele objektu, že dochází k termální dezinfekci, a to ať výstražnými nápisy nebo seznámením s provozem budovy. Dále by měla být zaručena schopnost termálně dezinfikovat všechna výtoková místa při teplotě nad 71°C. Z toho důvodu je zavedena řádná údržba, sanitace systému, proplachy a odkalování sítě a zejména zaregulovaný systém TV, který se vyznačuje určitými teplotními a tlakovými charakteristikami. Nicméně tento požadavek častokrát vede k předimenzování zásobníku ohřevu TV, který je vzhledem k Legionelle nežádoucí. Proto je vhodný kompromis závislý na využití objektu. Na konci procedury by měly být posbírány vzorky pořízené na různých výtocích 2 až 7 dní po dezinfekci k zjištění úspěšnosti. Dále je nutné udržovat teplotu vody kontinuálně nad hodnotou 60°C, minimálně na hodnotě 55°C. [1]; [67]

Pro starší systémy je možným řešením využití systému "self-regulating trace heating elements". Použití tohoto systému nám garantuje konstantní udržování teploty na hodnotě $50 \pm 1,5$ °C na výtokových místech (např. směšovací baterie, růžice sprch) i přes to, že teplota cirkulace poklesne pod hodnotu 45°C. K tomuto jevu by u teplotně vyregulovaného systému přípravy teplé vody nemělo docházet, ale praxe je opačná. [1]

V rozvodech pitné vody nalézáme v biofilmech i řadu prvků a zejména améb. Améby vytváří cysty velmi odolné k teplotě, ale i k dezinfekci, přežívají 50 až 70 mg/l Cl₂. Legionelly tak v cystách přežijí i 50 mg/l chloru či teploty 50 až 60 °C, čímž se tedy dezinfekce, ať tepelná, tak chemická či kombinovaná míjí s účinkem. Tímto způsobem vzniká základna pro opětovné osídlení celého systému, což se projeví zvýšenou dávkou Legionell na výtokových místech a rostoucím % pozitivitu výtokových míst v objektu, čímž tedy prudce narůstá riziko vzniku legionelóz. Proto dosažení lepších výsledků je vhodné metody mezi sebou kombinovat. Lze použít termodezinfekce s chlorací, Ag/Cu ionizací či jiným doplňujícím prostředkem. [1]; [67]

Mezi výhody této metody patří její zdravotní nezávadnost a snadná proveditelnost, ovšem to platí pouze pro vhodný systém, který umožňuje teploty 60 – 70°C bez rizika opaření. Toto opatření je efektivní proti téměř všem druhům bakterií. [1]; [28]; [55]; [56]

Nevýhodami této metody jsou vysoké finanční náklady a nákladné a obtížné technické a organizační zajištění. Časová a pracovní náročnost. Efektivní termodezinfekce vyžaduje zaregulovaný systém TV, s minimem inkrustů biofilmů, sedimentů, což prakticky nikde není splněno. Dále není vhodné tuto metodu v objektech s nepřetržitým provozem (hotely, nemocnice), vhodná je pouze šoková varianta v krajních případech. Při elektronickém systému zůstává v elektronicky neintegrováných armaturách, bočních vedeních, kde často vzniká stojatá voda. Při běžné termodezinfekci nedochází k narušení biofilmu. Vedení pitné vody nelze termicky upravit, přestože i zde můžou existovat vhodné podmínky pro šíření Legionelly. Ideální podmínky tvoří například dlouhé vodovodní linie s nízkým odběrem jako například přívody na zalévání zahrad. Velký výskyt se může také objevovat v požárním vodovodu. Bakterie se také dokáží částečně přizpůsobit vyšší teplotě. To je způsobeno, tím, že přežijí pouze ty nejodolnější, které se do dalšího cyklu termodezinfekce rozmnoží. Nutno brát také ohled na použitý materiál, převážně u pozinkovaných potrubí je nutno hlídat jejich životnost. Během procesu termodezinfekce také dochází k velkým ztrátám energie důsledkem ohřevu a ochlazení potrubí a větší spotřebě vody, která je způsobena následným chlazením systému. [1]; [28]; [55]; [56]

A.18.2. Dezinfekce UV zářiči

Využití ultrafialového záření jako dezinfekčního prostředku bylo využito již v roce 1910 v Marseille. UV záření, je elektromagnetické záření ve vlnové délce 100 – 400 nm. Představuje tedy rozmezí mezi paprsky X a viditelnou částí spektra. UV lampy rozdělujeme dle vytvořeného tlaku v trubici na lampy nízkotlaké (low-pressure), vydávající monochromatické záření o vlnové délce 253,7 nm, dále na střednětlaké (medium-pressure), které vydávají polychromatické záření s vlnovou délkou 180 – 400 nm a na lampy s vysokou intenzitou záření, s takzvaným pulzním způsobem emise. Z hlediska účinnosti dezinfekce je důležitá intenzita UV záření a doba expozice. Z pravidla je účinnější vysoká intenzita ozáření (středotlaké polychromatické vysoce účinné UV

lampy) a krátká doba expozice než nízká intenzita (nízkotlaké monochromatické UV lampy) a dlouhá expoziční doba. [63]; [66]; [67]; [70]; [71]

UV světlo bylo běžně užíváno k dezinfekci užitkové vody ve farmaceutickém nebo potravinářském průmyslu. Tato metoda představuje další možnost zásahu proti mikroorganismům, který působí jiným mechanismem než chemická či termická dezinfekce. Nemá reziduální účinky, neproniká do biofilmů, výhodou je, že netvoří vedlejší produkty dezinfekce, není ovlivněno teplotou ani turbiditou za běžných podmínek v síti, nemění charakter vody, neškodí materiálům rozvodů, snadno se instaluje. [63]

Dezinfekcí ultrafialovým zářením, dochází k fotochemickému poškození nukleových kyselin (DNA) buňky, bílkovin, enzymů a dalších molekul. Do těchto kyselin je absorbováno záření v rozsahu vlnových délek 240 – 280 nm a dochází tak k poškození buněčných struktur bakterie. Následkem je nemožnost množit se. [67]; [70]

S ohledem na možnou reparaci vitality mikroorganismů je nutno použít typ polychromatických UV lamp s dávkou 30 mJ/cm². Polychromatické záření znemožní obnovu poškozených buněk inaktivací enzymů a proteinů, zodpovědných za obnovu původní populace reversibilně poškozených mikrobů. [1]

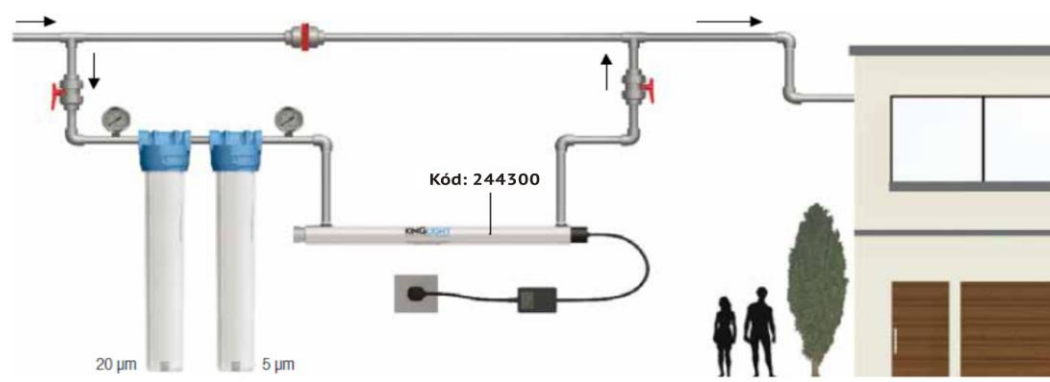
Výhodami dezinfekce ultrafialovým zářením je, že se jedná o fyzikální proces dezinfekce. Proces zachovává přirozené vlastnosti vody (voda si ponechá stejné minerální látky, chuť, pH i pachové vlastnosti), do vody nejsou vnášeny žádné chemikálie a tím odpadá riziko vedlejších produktů dezinfekce. Tím je také šetrná k životnímu prostředí. Dalším pozitivem jsou relativně nízké náklady na. Dále tato metoda nemá žádné požadavky na teplotu, proto lze využít v téměř všech systémech a zároveň je šetrná k životnímu prostředí. Vhodné využití v blízkosti jádra kontaminace a v rizikových částech rozvodu. [1]; [28]; [55]; [56]; [70]; [71]

Mezi případná rizika, při použití UV záření patří vznik mutagenních látek, a to z důvodu, že působí na genetické struktury buňky. Amesovým testem však nebyla mutagenita prokázána ani při dávce 10 000 J/m², přičemž legislativní požadavek na použití UV je výrazně nižší: 400 J/m². Dalším rizikem je vznik biodegradabilních sloučenin. Jsou to sloučeniny, které jsou snadno využitelné k výživě bakterií. Nicméně zvýšená produkce biodegradabilních sloučenin nebyla potvrzena a jejich koncentrace ve vodě zůstává na přibližně stejných hodnotách, jako při běžných úpravách pitné vody. Při použití střednětlakých lamp, místo nízkotlakých, může docházet k tvorbě dusitanů a formaldehydu. Tomuto problému lze předejít trubkami, vyrobenými z křemenného skla. Ke zvýšené tvorbě dusitanů, dochází však až při dávkách 10 000 J/m² a vyšších. [1]; [28]; [55]; [56]; [70]; [71]

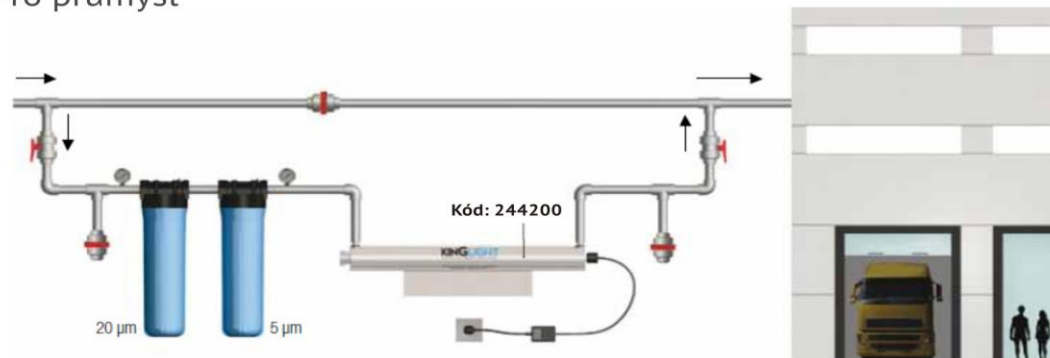
Obr. A.18.1 Příklady instalací a použití UV lampy [72]



Ukázka aplikace v celém domě



Pro průmysl



A.18.3. Ionizace Ag/Cu

Ag/Cu ionizace známá také pod názvem CSI (Copper-Silver ionization) je dalším představitelem používaného systému pro kontrolu a redukci Legionelly. Využívá působení těžkých kovů na mikroorganismy. Zatímco Ag (stříbro) působí spíše na syntézu enzymů a proteinů v buňce mikroorganismů, Cu (měď) ovlivňuje propustnost buněčné membrány. Systém pro komerční využití většinou obsahuje průtokové buňky obsahující anody se stříbrem a mědí, které obklopují komoru, ve které protéká voda. Mezi těmito anodami je přenášen elektrický proud uvolňující ionty mědi a stříbra. Množství uvolněných iontů závisí na struktuře anody a je kontrolována elektrickým proudem působícím na anody a průtokové množství. [1]; [67]

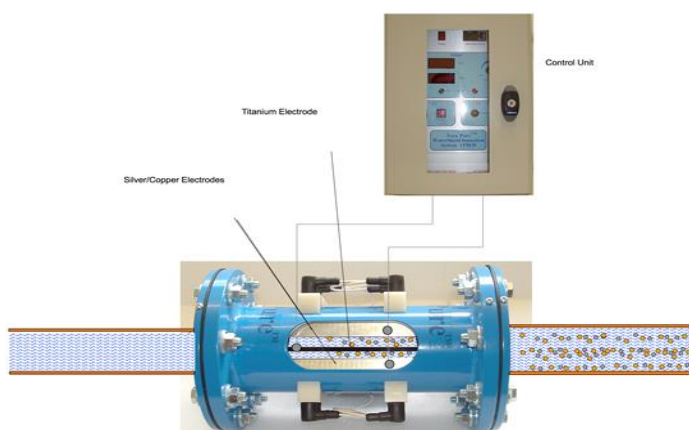
Tato metoda byla původně navržena pro NASA, konkrétně pro vodovodní a odpadní systém Apolla, následně byla technologie zaměřena na bazénové systémy až v nedávné době došlo také k využití u systémů kontrolující Legionellu. [67]

Výhodou ionizace proti termodezinfekci či chloraci je vyšší účinnost a delší protektivní účinek, což je způsobeno schopností penetrace Ag a Cu do biofilmů. Koncentrace 400 µg/l Cu + 40 µg/l Ag výrazně snižuje denzitu legionel, po 1 měsíci dochází k poklesu % pozitivy na výtocích k 0 % z 60 až 80 %, zatímco koncentrace ≤ 300 + 30 µg/l Cu/Ag tento efekt redukce nevykazují ani nedochází k žádným změnám % pozitivy. Při aplikaci nižších koncentrací může docházet i k adaptaci mikroflóry biofilmů na Ag + Cu. Na začátku zásahu se obvykle volí koncentrace 400 až 800 µg/l Cu + 40 až 80 µg/l Ag k razantní eliminaci Legionelly, jako udržovací koncentrace pak 5 až 20 + 50 až 200 µg/l Ag/Cu. [1]; [55]; [56]; [67]

Pokud dojde k přerušení nebo ukončení ionizace, zůstane stav výtokových míst stále s 0% pozitivitou dalších 6 týdnů a během dalších 6ti týdnů se původní kontaminace obnoví. Kontinuální provoz však zajistí dlouhodobý efekt, i 22 měsíců. Tato metoda je efektivní pro většinu patogenů a není ovlivněna teplotou v systému. Její instalace a údržba je také relativně snadná. Dále je v našem zájmu dodržovat hladinu stříbra a mědi udávanou přímo výrobcem, protože požadavky na obsah těchto látek ve vodě dle legislativy je poměrně příznivý. Pro správnou funkci ionizace musíme zabezpečit dostatečné množství iontů, a proto se musíme vyvarovat chloridům a fosfátům a udržovat vhodnou úroveň pH (<7,5). [1]; [55]; [56]; [67]

Naopak při velkém obsahu iontů dochází k černému zabarvení vody a zbarvení porcelánových povrchů do fialova. Při dávkách nad 2mg/l může docházet ke korozi pozinkovaného potrubí. Také může odcházet k usazování relativně velké koncentrace Ag a Cu ve spodních částech zásobníku. [56]; [67]

Vzhledem k tomu, že se z anod uvolňují kovy dochází postupem času k jejich zmenšování, což znamená jejich pravidelnou kontrolu a častou výměnu. Dochází také k tvorbě vápníku na jejich povrchu, a proto musí být pravidelně čištěny.



Obr. A.18.2 Ionizace Ag/Cu [37]

A.18.4. Ozon

Ozon je využíván k dezinfekci a zároveň k oxidaci vody. Je vyráběn přímo na místě z plynného nebo stlačeného (kapalného) kyslíku, protože v koncentraci větší než 30% a ve stlačené směsi plynného ozónu ve vzduchu je vysoce výbušný. Po rozpuštění ve vodě se stává nestabilním a přechází v hydroxidový radikál. Který je větším oxidačním činidlem než ozon. To způsobuje, že se ozon rozkládá rychle a prakticky nemá žádné reziduální účinky. [55]; [56]; [67]

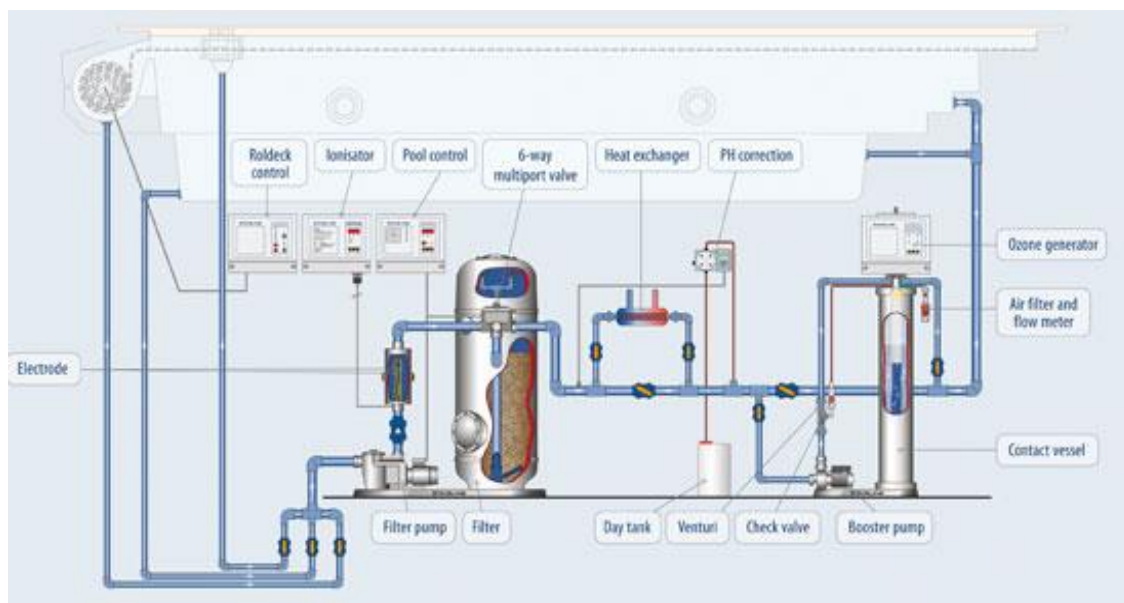
Dle provedených studií prvním místem útoku ozonu na bakterie jsou bakteriální membrány s proteiny a nenasycenými lipidy v buněčné membráně. Efektivnost narůstá se zvyšující se teplotou, ale snižuje se reziduální účinek. Ozon se rychleji rozkládá s narůstajícím pH vody. Kromě výše uvedených nedostatků tohoto způsobu dezinfekce, patří i jeho silná oxidačně - korozní aktivita kovů a plastů, u kterých způsobuje jejich křehnutí, které vede k jejich poškození. Při návrhu je nutno také dbát na to aby nedošlo k úniku ozonu, například odvodu. Ozonizace vody s obsahem bromidů může tvořit toxické bromitany, dalšími vedlejšími produkty jsou aldehydy a organické kyseliny. Proces ozonifikace je relativně složitý proces a údržba vyžaduje daleko větší pozornost než například u přípravků z chlóru. [1]; [56]; [67]

Ozon je nejúčinnější dezinfekční prostředek, vysoce reaktivní, inaktivující široké spektrum mikroorganismů. Není nijak závislý na teplotě nebo pH v systému rozvodů. Bohužel však nevykazuje reziduální účinky, jeho životnost je velmi krátká a rychle se rozkládá. Tím nedochází k příslušným reakcím s organickou a anorganickou hmotou mikrobů a nedostává se do nejdálčenějších míst postiženého systému. Proto je vhodná kombinace s chlorací nebo termodezinfekcí. [1]; [67]; [55]; [56]

V koncentraci 0,3 až 0,4 mg/l zastavuje růst buněk bakterií i virů; 0,4 mg/l vede k destrukci cyst. Účinná je koncentrace 1 až 2 mg/l i proti biofilmům. [1]; [56]

Kromě výše uvedených nedostatků tohoto způsobu dezinfekce, patří i jeho silná oxidačně - korozní aktivita kovů a plastů, u kterých způsobuje jejich křehnutí, vedoucí k jejich poškození. Proto se v praxi za obvyklých podmínek využívá ostatních metod. [55]; [56]; [67]

Obr. A.18.3 Ilustrační schéma zapojení ozonizátoru Starline pro provoz bazénu [22]



A.18.5. Chlorace

Chlorace a zejména její varianta hyperchlorace je další z možností redukce Legionelly v rozvodné síti. Chlor a jeho sloučeniny jsou dezinfekční prostředky, které mohou plnit funkci deaktivace mikroorganismů a zároveň udržovat kvalitu vody tekoucí potrubím k místě výtoku. V minulosti využití chlóru k dezinfekci představovalo nejpoužívanější metodu. Nicméně v dnešní době nalezneme pro chemickou úpravu vody lepší prostředky, a tak je využití chlóru zaměřeno převážně na bazénové technologie. Pro dosažení účinku musí být prováděna kontinuální chlorace v rozmezí 4 až 6 mg/l akt. chloru, nebo šoková dezinfekce s 20 až 50 mg/l v celém rozvodu po dobu 1 až 2 h. Koncentrace aktivního chloru při kontinuálním dávkování nesmí poklesnout pod 4 mg/l, často se v praxi používá jen 1 až 2 mg/l, z důvodů menší koroze potrubí a menší tvorby THM a jiných vedlejších produktů chlorace. Rovněž proplach distálních výtoků sítě s 10 mg/l Cl_2 vede k redukci lokální kontaminace, zejména když je kombinován s termodezinfekcí. [1]; [67]

Dávka chlóru se převážně odvíjí od množství organických látek ve vodě. Nicméně toto množství je nedostačující pro biofilmy, cysty améb a jiné prvoky. Jejich odolnost vůči takto nízké dávce je velmi vysoká. Při využití chlóru může docházet k reakci s organickými látkami a následnému vzniku, pro lidský organismus, škodlivých látek. Proto je často vedena diskuze ohledně sekundárních látek nebo vedlejších produktech chlorace. [1]; [67]

Dezinfekce chlorem je založena na základě schopnosti oxidace iontů siřičitanů, sulfidů, železitanů a manganů. Chlor po přidání do vody tvoří volný chlór skládající se z kyseliny chlorné, která je elektricky neutrální a iontů chlornanů, které mají záporný náboj. Z čehož vyplývá, že kyselina chlorná je větším reaktantem a je tedy i silnějším oxysličovadlem. Je zřejmé, že poměr těchto látek v rovnovážné koncentraci je důležitým faktorem ovlivňující pH vody, proto dochází ke

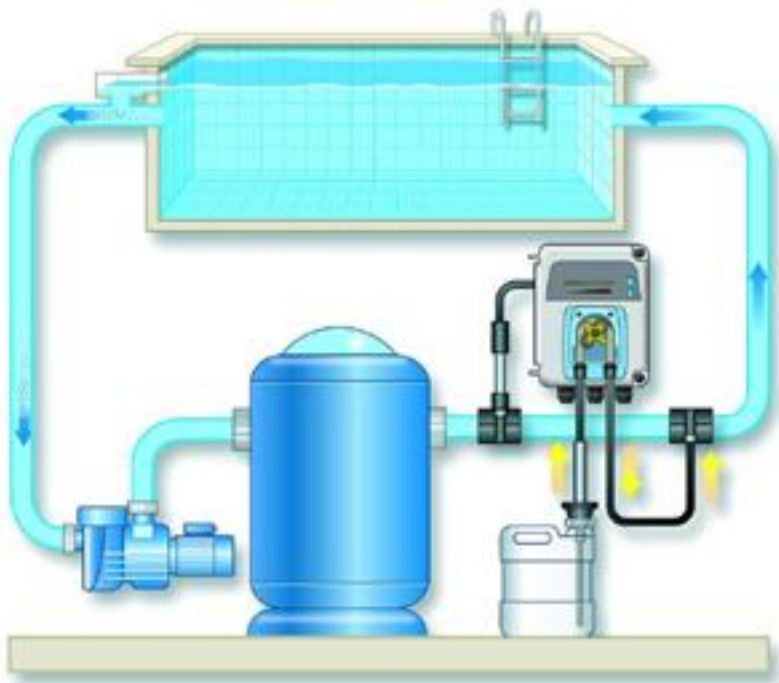
komplikacím, pokud voda obsahuje další oxidovatelné znečišťující látky. Zachování vysoké koncentrace kyseliny chlorné zabezpečí lepší pronikání elektricky neutrálním povrchem mikroorganismů. Následně dochází k eliminaci mikroorganismů nebo alespoň k narušení schopnosti rozmnožovat se. Problém také vytváří odolnost jednotlivých bakterií, například bakterie rodu *Giardia* jsou téměř neodstranitelné touto metodou. [1]; [56]; [67]

K inaktivaci *Legionelly* ve volné vodě v potrubí postačí 0,4 mg/l; to však neplatí pro biofilmy, sedimenty nebo cysty améb a jiných prvoků, co by hostitelů *Legionelly*. Jejich rezistence k teplotě a chloru, je velmi vysoká, přežijí přes 50 mg/l Cl_2 , někdy i 70. [1]

Zásah v rozvodné síti pitné vody, kontaminované *Legionellou* a tím i jinými mikroorganismy (mykobakterie, viry, *Pseudomonas aeruginosa*, protozoa aj.), je vždy i zásahem proti mikroorganismům v biofilmech, inkrustech, ev. i sedimentech, tedy proti systému rozvodu ať teplé či studené vody jako celku. Proto údaje o citlivosti *Legionelly*, získané z experimentů z "volné vody" či poloprovozních zařízení, výrazně neodpovídají reálnému distribučnímu systému. [1]

Výhodou využití chlóru je relativně snadný rozvod do celého systému. [1]; [55]; [56]; [67]

Mezi nevýhody chlóru patří jeho korozivní účinky a tvorba karcinogenních látek. Z důvodu špatného průniku do biofilmu dochází ve většině případů pouze k potlačení *Legionelly* a ne její vyhubení., proto je otázkou jeho dlouhodobé využití. Pokud uvažujeme o chloraci v bazénu musíme brát v úvahu svědění kůže, pálení v očích a specifický zápach chlóru. [1]; [55]; [56]; [67]



Obr. A.18.4 Využití chlóru pro dezinfekci bazénové vody [73]

A.18.6. Monochloramin

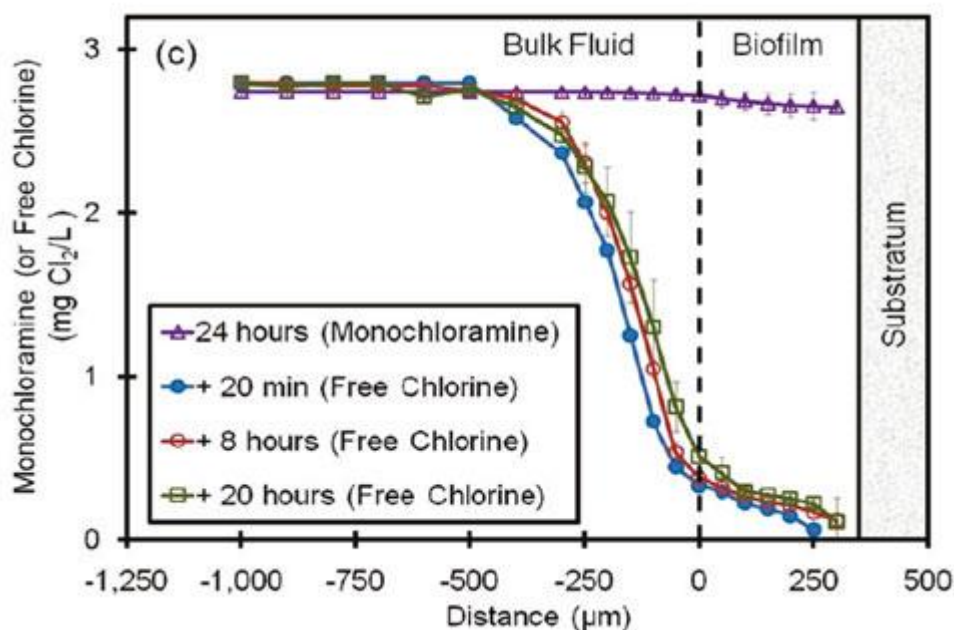
V dnešní době se pro dezinfekci vody experimentuje s využitím monochloraminu., který má v porovnání s chlórem delší reziduální efekt, způsobuje méně nepříjemných chutí a pachů. Na druhou stranu má výrazně nižší účinnost než chlór a tím je potřeba delší působení. [67]

Monochloramin, stejně jako dichloramin (SnCl_2) a trichloramin (NCl_3) se vyrábějí přidáním chlóru do roztoku amoniaku, případně přidáním amoniaku do roztoku obsahující volný zbytkový chlór nebo přidáním roztoku amoniaku a chlóru do vody. Jeho využití je převážně ve větších systémech, pro běžného uživatele se příliš komerčně nepropaguje. Obvyklé dávkování monochloraminu je 1-4 mg/l. [30]; [67]

Hlavní výhodou chloraminu jsou jeho delší reziduální účinky proti chloru, vyšší stabilita, a to i za zvýšené teploty, schopnost průniku do biofilmů i do málo průtočných a vzdálených partií sítě. Dále má větší šířku působnosti z hlediska pH než klasický chlór nebo například Ag/Cu ionizace. Při aplikaci monochloraminu byl zjištěn nižší výskyt legionelóz, než v případě chloru, dle údajů z USA 10,2x nižší než u chlorovaných rozvodných systémů. [55]; [56]; [67]

V neprospěch této metody hovoří několik nedostatků, mezi které patří obtížnost vytváření monochloraminu přímo na místě využití, dále zápach amoniaku ve vodě a leptání olověného potrubí a gumových prvků v potrubí a obecně koroze materiálů. Pro pacienty podstupující hemodialýzu může způsobovat chudokrevnost, nutno kombinovat s uhlíkovým filtrem. Vedlejší produkty také způsobují zvýšení populace ostatních mikroorganismů. Monochloramin je také hůře odstranitelný z vody než chlór nebo chlordioxid a jeho aktivita je nižší oproti chloru. [55]; [56]; [67]

Následující graf porovnává účinnost vniku do biofilmu monochloraminu a volného chlóru.



Graf. A.18.1 Porovnání schopnosti vniku do biofilmu [58]

A.18.7. Chlordioxid

Chlordioxid (ClO_2), neboli oxid chloričitý, je nestabilní oranžově zbarvený plyn, rozpustný ve vodě, který je anhydridem kyseliny chloričité a je to silné oxidační činidlo. První zmínku o chlordioxidu jako dezinfekce zaznamenáváme již v roce 1900 v Belgii. Dokáže se poměrně jednoduše dostat skrz biofilm a může být využíván pro vodu s širším rozsahem pH než volný chlór. Jeho využití je jak v síti studené, tak teplé vody. [32]; [67]

Z důvodu své nestability je velmi obtížné jeho přemístění, proto z pravidla dochází k jeho výrobě přímo na místě pomocí generátorů. Stejně tak ho nelze skladovat, proto musí být okamžitě spotřebován nebo zlikvidován. To v minulosti způsobovalo jeho finančně a provozně náročnou výrobu, stejně jakou vysokou pořizovací cenu a cenu oprav potřebných generátorů. Nicméně vývojem technologie lze generátor chlordioxidu pořídit i na české trhu za rozumnou cenu. [32]; [55]; [56]; [67]

Dalším úskalím je jeho vysoká výbušnost, proto musí být dodrženy striktní bezpečnostní podmínky provozu. Dále je obtížné udržovat jeho stálou hladinu (0,3 - 0,5mg/l) a je potřeba dlouhodobé ošetřování systému k dosažení kýženého efektu, běžně více než jeden rok. V hygienicky náročných provozech je vhodná kombinace s dalším ošetřením. Například s uhlíkovým filtrem při využití u pacientů podstupujících dialýzu. [55]; [56]; [67]

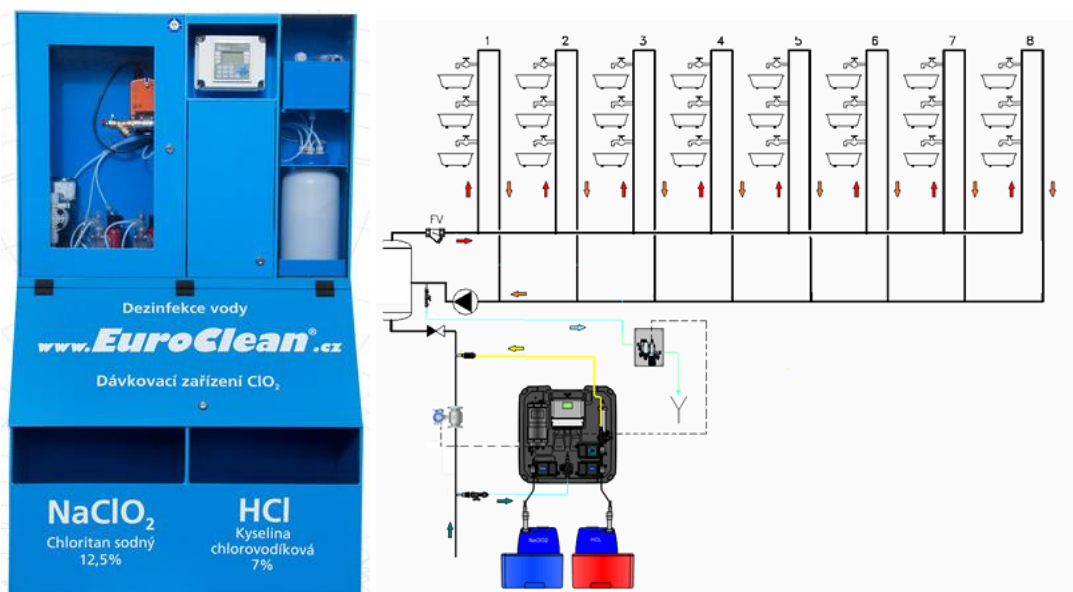
Odlišujícím znakem od ostatních sloučenin chlóru je jeho pouze oxidační působení. Také u něho nedochází k reakcím s metabolickými produkty řas a bakterií, což zabraňuje vzniku zápachajících derivátů chlóru. Vykazuje též prodloužený reziduální účinek, což neplatí v případě Cl_2 , O_3 , ani termodezinfekce či UV záření. Stejně tak je méně koroze schopný a podílí se na odstranění železa, manganu a ostatních kovů. Odstraňuje také sulfan nebo fenol, což snižuje zápach vody. [32]

Vyznačuje se schopností atakovat biofilmy a pronikat do málo cirkulujících částí rozvodů, kde se právě nachází potencionální zdroj opětovného osídlení. Nereaguje s dusíkatými sloučeninami a netvoří THM (trihaloženmethan). Účinek není ovlivněn hodnotou pH, odstraňuje inkrusty v rozvodech a je vysoce účinný proti různým typům mikroorganismů. Také je považován za méně korozivní než chlór. [55]; [56]; [67]

Jakou účinné se ukázalo dávkování od 0,4 do 0,7 mg/l pro odstranění již vzniklého biofilmu, kdy je tato hodnota závislá na mnoho faktorech. (parametry potrubí a vody, rozsah biofilmu, ...) Zbytková koncentrace ClO_2 by měla být max. 0,3 mg/l, lépe 0,2 mg/l s ohledem na prahovou hodnotu jeho senzoričkého působení a zejména toxické působení chloritanů jako vedlejšího produktu dezinfekce; suma chlordioxidu, chloritanů a chlorečnanů pak do 0,5 mg/l. [1]; [67]

Nicméně v dnešní době již existuje stabilizovaný oxid chloričitý, který je možné skladovat a manipulace s tímto produktem je naprosto jednoduchá a bezpečná. Stejně tak jeho ekonomická

náročnost je daleko menší. Tyto produkty se zavádí do vody pomocí dávkovacího čerpadla, které není příliš finančně náročné. [31]



Obr. A.18.5 Generátor chlordioxidu EuroClean [57] Obr. A.18.6 Příklad zapojení generátoru chlordioxidu [54]

A.18.8. Filtrace

Nejběžnějším metodou filtrace je umístění filtrů přímo v místě odběru. To znamená, že k odstranění bakterie dochází až ve výtokové armatuře. Toto řešení je velmi časté v nemocnicích, kdy chceme v části objektu zaručit velmi čistý provoz, a to bez zdravotních rizik, které mohou být způsobeny chemickou i termickou dezinfekcí. Zároveň slouží jako vhodné řešení pro okamžité odclonění problému s již existující Legionellou. Nicméně pokud není systém udržován může při selhání filtrů dojít uvolnění všech bakterií, které byly do té doby zachyceny. Instalace systému a jeho údržba je velmi rychlá. [56]; [67]

Současně se jedná o velmi výhodnou metodu pro menší objekty nebo vyčleněnou část objektu. Obecně lze říci, že velikost systému výrazně snižuje ekonomickou konkurenceschopnost této metody. [56]; [67]; [29]; [21]

Druhou variantou je umístění filtru na vstupu do objektu, nicméně v tomto případě může dojít k rozšíření již existujících bakterií. [29]

Pro odstranění bakterií jako je Legionella je potřeba minimálně 0,2 μm membránu. Pro správnou funkčnost je nutná častá výměna filtrů, přibližně každých 30 dní. [56]; [29]

Většina těchto zařízení obsahují předsazenou filtraci, která zabraňuje ucpávání hlavní membrány. [67]

V dnešní době se setkáme s řadou produktů jak pro čisté provozy, tak pro běžnou domácnost.



Obr. A.18.7 Umístění filtru do sprchové hlavice [29] Obr. A.18.8 Filtr pro pitnou vodu [21]

A.19. Parametry ovlivňující návrh dezinfekční metody

A.19.1. Místo působení dezinfekce

Dezinfekční metody pro snížení obsahu Legionelly můžeme rozdělit dle místa působení na tři základní typy:

- metody zaměřené na celý systém (Ag/Cu ionizace, termodezinfekce, chlorace, monochloramin a chlordioxid)
- metody cílené na odběrová místa v systému (filtrace)
- metody umístěné u vstupu vody do systému (UV zářiče, ozon a filtrace)

Paradoxně pro všechny metody je rozhodující velikost systému. U první metody to znamená komplikaci v dopravě dezinfekční látky po celé soustavě. U zbylých dvou metod nemůžeme zaručit, že je celý systém dezinfikován, zvláště když uvážíme větší množství vtokových míst. Proto záleží ve velké míře na provozu objektu a požadavcích, které chceme dezinfekci dosáhnout. [56]; [67]

A.19.2. Vnější podmínky, které ovlivňují účinnost

Účinnost dezinfekčních postupů je ovlivněna různými faktory jako jsou fyzikální vlastnosti (teplota) nebo chemické vlastnosti (pH a koncentrace iontů) zkoumané vody. [56]

Metody ovlivněné teplotou jsou termodezinfekce, chlorace a použití ozonu. Nejvýrazněji je samozřejmě ovlivněna termodezinfekce, kde musí být udržována teplota minimálně 60°C, přičemž případné selhání vede k opětovné kolonizaci. Naopak ozon se rychleji rozkládá při vyšších teplotách, a proto je vhodný do chladnějších systémů. Efekt teploty na chloraci je více složitý a vztahuje se na poměr kyseliny chlorné a chlornanových iontů, kdy kyselina chlorná je zhruba stokrát reaktivnější. [1]; [56]; [67]

Nicméně chlorace je daleko více závislá na chemických vlastnostech vody. S narůstajícím pH dochází ke zvyšování poměru chlornanových iontů vůči kyselině chlorné. Při dosažení pH více než 7.6 chlornanové ionty dokonce převažují a dochází ke snížení účinnosti. Mezi metody závislé na potenciálu vodíku patří také ionizace Ag/Cu. Při vyšších hodnotách dochází ke změně náboje převažujících měděných částic z pozitivních na negativní, naopak vliv na stříbrné ionty to nemá téměř žádný. Monochloramin a chlordioxid mají větší rozsah účinnosti vzhledem k pH než předchozí zmíněné metody. Fyzikální a chemické vlastnosti vody mají menší vliv na filtraci a dezinfekci UV zářiči. Nicméně dezinfekce pomocí UV je náchylná na usazování minerálů na povrchu křemenných trubíc, které tvoří pouzdro pro UV lampy, a proto musí být pravidelně čištěny. [1]; [55];[56]; [67]

A.19.3. Ohrožení lidského zdraví

Většina dezinfekčních metod vytváří řadu vedlejších produktů, které mohou být škodlivé pro lidské zdraví. Nicméně například u ionizace Ag/Cu je hladina mědi a stříbra pouze 0,2 až 0,4 mg/l respektive 0,02 až 0,04 mg/l, což je výrazně méně než udávají mezinárodní zdravotní limity pro pitnou vodu (2000 mg/l pro měď a 100 mg/l pro stříbro), a proto nezpůsobují žádnou ujmu na zdraví. Podobně můžeme pohlížet také na množství chlóru, chloraminu, chlordioxidu nebo ozonu. Nicméně tyto dezinfekční prostředky mohou tvořit nebezpečné vedlejší produkty. Chlor může reagovat s organickými materiály a tím zrychlovat tvorbu trihalomethanu, který je karcinogenní. Stejně tak se často spojuje pití chlorované vody a rakovinou. Monochloramin může způsobovat chudokrevnost u pacientů podstupujících hemodialýzu a chlordioxid může reagovat s organickým materiálem a způsobovat korozi potrubí. V případě ozonu za současného výskytu bromidu nebo chloridu dochází ke karcinogenům bromičnanu a chlorečnanu. Termodezinfekce nevytváří vedlejší produkty, ale může způsobit opaření. Z tohoto důvodu jedinou pro člověka zaručeně bezpečnou metodou je využití filtrace. [1]; [55];[56]; [67]

A.19.4. Vliv na porušení materiálů systému

Přidáním dezinfekčních látek do systémů distribuce vody, chladících věží a podobně může způsobit usazování, odlupování nebo korozi kontaktních povrchů. Například nepatřičné množství mědi a stříbra vede k černému zabarvení vody a levandulovému zabarvení porcelánových povrchů. [1]; [55];[56]; [67]

Chlór a ozon jsou vysoce korozivní pro ocelové povrchy, kromě toho ozon také poškozuje gumové prvky. Chlordioxid má také korozivní účinky, ale výrazně nižší než v případě chlóru. Monochloramin, stejně jako filtrace a dezinfekce UV zářiči, tyto vlastnosti nemají. [1]; [56]; [67]

A.20. Porovnání jednotlivých postupů

Pro volbu vhodného postupu je třeba zvážit mnoho faktorů, avšak zjednodušené porovnání si můžeme ilustrovat v následující tabulce. Ukazuje se, že všechny z uvedených metod mají poměrně dobrý krátkodobý účinek. Nicméně pokud chceme dosáhnout dlouhodobějšího efektu je vhodné využít chlordioxid, dezinfekci UV zářiči a ionizaci Ag/Cu. Vhodné je také využití filtrace a to jak v místech odběru, tak na vstupu do systému.

Reziduální efekt vykazují chemické dezinfekce, které kolují spolu s vodou celým systémem, převážně ty na bázi chlóru.

Náročnost instalace, údržba a cena jsou hodně závislé na velikosti provozu a technologické vyspělosti jednotlivých výrobců. Z hlediska náročnosti instalace a údržby jsou to chemické dezinfekce, které vyžadují největší pozornost. I když v nedávné době došlo k výraznému zlepšení, převážně i chlordioxidu. Z hlediska ceny stojí za zmínku filtrace, která je výrazně závislá na volbě technického řešení a také termodezinfekce, která je cenově přijatelná, ale má poměrně mnoho negativních účinků.

Metoda	Krátkodobá účinnost [měsíce]	Dlouhodobá účinnost [roky]	Doba efektivního působení	Náročnost instalace	Údržba	Cena
Ionizace Ag/Cu	Výborná	Efektivní	-	Nízká	Nízká	Nízká - střední
Termodezinfekce	Dobrá	Nepřesvědčivá	-	Nízká	Nízká	Nízká
Chlorace (Hyperchlorace)	Dobrá	Uspokojivá	hodiny	Obtížná (převážně u hyperchlorace)	Střední - obtížná	Střední (nízká až vysoká)
Monochloramin	Dobrá	Uspokojivá	hodiny	Střední	Střední	Střední
Chlordioxid	Výborná	Dobrá	dny	Střední	Střední - obtížná	Nízká - střední
Ozon	Výborná	Nepřesvědčivá	minuty	Obtížná	Střední	Vysoká
Filtrace v místě odběru	Dobrá	Dobrá	-	Jednoduchá - nízká	Jednoduchá	Různá
Dezinfekce UV zářiči	Výborná	Efektivní	-	Jednoduchá	Střední	Nízká - střední

Tabulka A.20.1 Zjednodušené porovnání jednotlivých postupů [1];[55]; [56]; [66]; [67]

A.21. Závěr

Cílem teoretické části této práce bylo zpracovat rešerši na téma: Ochrana vnitřního vodovodu proti Legionelle pneumophila. Prvních několik stran je věnováno seznámení se samotnou bakterií, historickým vývojem jejího poznávání, základními vlastnostem a výskytem. Práce dále uvádí zdravotní rizika způsobená Legionellou, jejich možnou prevenci a detekci v lidském organismu. V následující části jsou uvedeny nejdůležitější prameny české legislativy z hlediska Legionelly. Dále je již práce převážně zaměřena na systém vnitřního vodovodu. Stanovení vhodných podmínek pro výskyt Legionelly a následná opatření, která její výskyt omezují. Závěrečná část práce se věnuje způsobům odstranění Legionelly z vnitřního vodovodu, parametrům ovlivňující návrh a porovnání jednotlivých postupů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠAŠEK, Jaroslav. Možnosti odstranění legionel z distribuční sítě pitné vody Zdroj: TZB-info [online]. 2000, (5) [cit. 2017-10-15]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/395-moznosti-odstraneni-legionel-z-distribucni-site-pitne-vody>
- [2] Legionella. Úprava a rozbor vody Zdroj: Chos.cz [online]. [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <http://www.chos.cz/legionella/>
- [3] Bakterie legionella - Legionella.cz. Bakterie legionella - Legionella.cz [online]. Copyright © Legionella CZ [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <https://legionella.cz/>
- [4] Legionella | History and Disease Patterns | Legionnaires | CDC. Centers for Disease Control and Prevention [online]. [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/legionella/about/history.html>
- [5] HEUNER, Klaus a Michele SWANSON. Legionella: Molecular Microbiology. Norfolk, UK: Horizon Scientific Press, 2008. ISBN 9781904455264
- [6] Legionella Pneumophila: Vše o bakterii na jednom místě [online]. WP Symposium Pro, Copyright2009-2015 [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <http://legionella.cz/>
- [7] KROPÁČKOVÁ, Dagmar. Legionely – aktuálně diskutované nebezpečí, opatření pro ochranu stále nejsou definována. Zdroj: TZB-info [online]. [cit. 10.11.2017]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1596-legionely-aktualne-diskutovane-nebezpeci-opatreni-pro-ochranu-stale-nejsou-definovana>
- [8] Hoval spol. s r.o.. Bakterie Legionella – rady a tipy, jak se těmto bakteriím účinně vyhnout. Zdroj: TZB-info [online]. [cit. 10.11.2017]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/15589-bakterie-legionella-rady-a-tipy-jak-se-temto-bakteriim-ucinne-vyhnout>
- [9] Fields, B. S., Benson, R. F., Besser, R. E. (2002): Legionella and Legionnaires' disease: 25years of investigation. Clin Microbiol Rev 15: 506-526.
- [10] Ústav Laboratorní diagnostiky. Legionella pneumophyla [online]. [cit. 10.11.2017]. Dostupné z: <http://mikrobiologie.lf3.cuni.cz/mikrobiologie/rep/lepn.htm>
- [11] MUDRA, Radim, Irena MARTINKOVÁ, Marie FIEDOROVÁ a Danuše HANSLÍKOVÁ. Legionela aneb čert nikdy nespí: Legionella – the Devil Never Sleeps. HYGIENA: Časopis pro ochranu a podporu zdraví. Praha: Státní zdravotní ústav, 2014, 59(1), 37-40. ISSN 1803-1056. <http://apps.szu.cz/svi/hygiena/archiv/h2014-1-08-full.pdf>
- [12] LEAR, Gavin a Gillian D LEWIS (eds.). Microbial biofilms: current research and applications. Norfolk: Caister Academic Press, 2012. ISBN 978-1-904455-96-7.

- [13] ŠASEK, Jaroslav. Eliminace legionel z distribuční sítě pitné vody - technické aspekty. Zdroj: TZB-info [online]. [cit. 10.11.2017]. Dostupné z:<http://www.tzb-info.cz/469-eliminace-legionel-z-distribucni-site-pitne-vody-technicke-aspekty>
- [14] Legionelóza (legionářská nemoc). Academy spektrum zdraví: Cesta do světa zdraví a medicíny [online]. Brno: PROPEOPLE s.r.o., 2009 [cit.10.11.2017]. Dostupné z: <http://www.spektrumzdravi.cz/academy/legioneloza-legionarska-nemoc>
- [15] Dioxo. Humánní přípravky – Legionella V-test. [online]. [cit. 10.11.2017]. Dostupné z: www.dioxo.cz/download/produkty/legionella--v.doc
- [17] DRAŠAR, V., MENTASTI, M., Palepou Ch., Polcar R., Buchtová H.: Současné trendy v průkazu zdroje nálezů z vody – panelákové a lázeňské legionelózy Sborník konference Pitná voda 2010, s. 75-76. W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8 - <http://www.wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/13-Drasar.pdf>
- [18] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů v platném znění. Praha: Parlament České republiky, 2000, Zákon 258/2000 Sb. Dostupné také z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=258/2000&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- [19] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Praha: Ministerstvo zdravotnictví, 2004, Vyhláška 252/2004 Sb. Dostupné také z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=252/2004&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- [20] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 473/2008 Sb. o systému epidemiologické bdělosti pro vybrané infekce. Česká republika: Ministerstva zdravotnictví, 2008, Dostupné také z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=473/2008&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- [21] Pall Corporation, Potable water in Public and Residential Facilities, Kleenpak™ Disposable Tap Filter with Shower Rose © 2017 Pall Corporation [online]. [cit.14.11.2017] Dostupné z: https://shop.pall.com/INTERSHOP/static/WFS/PALL-PALLUS-Site/-/PALL/en_US/images/Consumer-Water/kleenpak-31day-tap-rose-DS-165.jpg
- [22] TARN-PURE, Copper-silver ionization to control water-borne diseases, ionization diagram [online]. © TARN-PURE Ltd. 2016 [cit.14.11.2017] Dostupné z: <http://tarn-pure.com/uploads/images/tarn-pure-ionisation-diagram.png>
- [23] Pitná voda. Státní zdravotní ústav [online]. Praha: SZÚ [cit.16.11.2017]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/pitna-voda>

- [24] POSPÍCHAL, Zdeněk. Ochrana vnitřního vodovodu z pohledu mikrobiologie (II). TZB - info [online]. 2005 [cit.12.11.2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2858-ochrana-vnitriho-vodovodu-z-pohledu-mikrobiologie-ii>
- [25] ATTLOVÁ, Ivana. Růst bakterií způsobující Legionářskou nemoc je stejný na plastech i na mědi. TZB - info[online]. 2006 [cit.16.11.2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3100-rust-bakterii-zpusobujici-legionarskou-nemoc-je-stejny-na-plastech-i-na-medi>
- [26] ŠAŠEK, Jaroslav, KOŽIŠEK, František. Metodické doporučení Státního zdravotního ústavu – Oddělení hygieny vody ke kontrole jakosti teplé vody (zvláště s ohledem na riziko přítomnosti legionel) podle § 3 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb. v platném znění. Státní zdravotní ústav: Centrum zdraví a životního prostředí [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2014 [cit.16.11.2017]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/tuv.pdf>
- [27] ŠAŠEK, Jaroslav. Použití UV záření pro dezinfekci pitné vody. TZB-info [online]. 2013 [cit.12.11.2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9697-pouziti-uv-zareni-pro-dezinfekci-pitne-vody>
- [28] PANDIT, Aniruddha Bhalchandra a Jyoti Kishen KUMAR. Drinking water disinfection techniques. Boca Raton: CRC Press, c2013. ISBN 978-1-4398-7740-1.
- [29] T-Safe, T-Safe point-of-use filtration, T-Safe Filtr and shower Medical [online]. [cit. 14.11.2017] Dostupné zhttp://t-safe.com/wp-content/uploads/2017/08/T-Safe_Filter-and-shower_Medical-e1501768331671.jpg
- [30] World Health Organization. Treatment methods and performance.WHO, World Health Organization [online]. [cit.12.11.2017]. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/gdwq4-with-add1-annex5.pdf?ua=1
- [31] TŘEŠKA, Michal. Dezinfekce vody chlordioxidem generátorem Euroclean OXCL Blue Zdroj: TZB-info [online]. 2015 [cit. 10.11.2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/12514-dezinfekce-vody-chlordioxidem-generatorem-euroclean-oxcl-blue>
- [32] Chlordioxid - oxid chloričitý: Dezinfekce vody chlordioxidem a jeho další použití. Chlordioxid [online]. © 2016 [cit. 10.11.2017]. Dostupné z: <http://www.clo2.cz/>
- [33] LINGIREDDY, Srinivasa. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Control of Microorganisms in Drinking Water. Virginia: American Society of Civil Engineers, 2002. ISBN 9780784475232

- [34] OČIPOVÁ, Daniela. Teplá voda a jej hygienické zabezpečenie. TZB - info [online]. 2008 [cit. 10.11.2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4818-tepla-voda-a-jej-hygienicke-zabezpecenie>
- [35] BRADÁČOVÁ, Anna. Legislativní požadavky v oblasti přípravy vody. TZB - info[online]. 2016 [cit.18.10.2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/14837-legislativni-pozadavky-v-oblasti-pripravy-teple-vody>
- [36] FROLÍK, Stanislav. Hospodaření s vodou – vlastnosti vody, legionella, úspora vody. Fakulta stavební ČVUT, Katedra technických zařízení budov [online]. [cit. 15.10.2017] Dostupné pro studenty z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125zttb/prednasky/125zttb-07.pdf>
- [37] Eurospapoolnews.com, Starline, promyšlenému návrhu a konstrukci, Filtrační zařízení Starline [online]. Copyright © 2000 [cit. 14.11.2017]. Dostupné z: http://www.eurospapoolnews.com/uploads/1/Image/focus/starline/starline_focus9.jpg
- [38] HUGES MS, STEELE TW. Occurrence and distribution of Legionella species in composted plant materials. Appl Environ Microbiol 1994; 60: 2003–2005
- [39] DONLAN RM. Biofilm formation: a clinically relevant microbiological proces. Clin Infect Dis 2001; 33(8): 1387-1392
- [40] RULÍK M, HOLÁ V et al. Mikrobiální biofilmy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci 2011. 447 s. ISBN: 978-80-2442-747-8
- [41] MACELA A et al. Infekční choroby a intracelulární parazitizmus bakterií. Praha: Grada 2006. 216 s. ISBN: 8024706644
- [42] HENKE M, SEIDEL KM. Assotiation between Legionella Pneumophila and Amoebae in Water. Isr J Med Sci 1986; 22: 690-693
- [43] JOSEPH C, Drasar V et al. Evropské směrnice pro kontrolu a prevenci legionářské nemoci 2006. [online]. [cit. 15.10.2017]. Dostupné z :<http://www.khszlin.cz/wcd/pages/extranet/organizacni-struktura/odbor-protiepidemicky/aktualni-informace/euleg.pdf>
- [44] Poznatky o Legionelle Pneumophylis | EuroClean.cz. EuroClean.cz | Jednička v úpravě vody [online]. Copyright © EuroClean.cz. Všechna práva vyhrazena. [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <https://euroclean.cz/clanky/poznatky-o-legionelle-jeji-zavaznosti-a-moznostech-eliminace/>
- [45] Využívané laboratorní metody k detekci legionell - Legionella.cz. Bakterie legionella - Legionella.cz [online]. Copyright © Legionella CZ [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <https://legionella.cz/clanky/vyuzivane-laboratorni-metody-k-detekci-legionell/>

- [46] DRASAR, V., MENTASTI M. et al. Současné trendy v průkazu zdroje nálezů z vody – panelákové a lázeňské legionelózy. [online]. [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/13-Drasar.pdf>
- [47] STOJEK N, DUTKIEWICZ J., Legionella and other gram-negative bacteria in potable water from various rural and urban sources. *Ann Agric Environ Med* 2006; 13(2): 323-335
- [48] European Legionnaires' Disease Surveillance Network (ELDSNet). Redirecting to <http://ecdc.europa.eu/en/home> [online]. Copyright © European Centre for Disease Prevention and Control [cit. 17.10.2017]. Dostupné z: <https://ecdc.europa.eu/en/about-us/partnerships-and-networks/disease-and-laboratory-networks/eldsnet>
- [49] EWGLI | The European Working Group for Legionella Infections | Home. EWGLI | The European Working Group for Legionella Infections | Home [online]. [cit. 17.10.2017]. Dostupné z: <http://www.ewgli.org/>
- [50] Vnitřní vodovod: souhrnná kvalita teplé vody a prevence proti bakterii legionela | TOPIN. TOPIN - Topenářství instalace [online]. Copyright © 2018 [cit. 17.10.2017]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/clanky/vnitri-vodovod-souhrnna-kvalita-teple-vody-a-prevence-proti-bakterii-legionela-detail-156>
- [51] HSE | Health and Safety Executive, Legionella in hot and cold water systems [online]. [cit. 17.10.2017]. Dostupné z: <http://www.hse.gov.uk/legionnaires/assets/docs/hot-cold-legionella-checks.pdf>
- [52] Opatření ke snížení kontaminace Legionellou - Legionella.cz. Bakterie legionella - Legionella.cz [online]. Copyright © Legionella CZ [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <https://legionella.cz/clanky/opatreni-ke-snizeni-kontaminace-legionellou/>
- [53] ŠILHAN, Jiří. Monitorování bakterie legionely ve vodovodních systémech. Překlad z The control of legionella bacteria in water systems. Brno, 2003, 55 s. [cit. 15.10.2017] Dostupné z: <http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/l8.pdf>
- [54] e-dezinfekce, Chlordioxid – oxid chloričitý – Generátor chlordioxidu Oxiperm Pro [online]. [cit. 14.11.2017] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0055/005514o2.gif>
- [55] Methods to Control Legionella Growth In Water Systems. Bacteria & Mold Testing Laboratory in Toronto & Vancouver [online]. Copyright © 2018 [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <https://www.moldbacteria.com/bacteria/methods-for-controlling-legionella-growth-in-piped-water-systems-and-cooling-towers.html>
- [56] WALRAVEN N., CHAPMAN C., The efficacy of various disinfection methods against Legionella pneumophila in water system, A literature review, Keuze menu Holland Water - Holland Water -

- Veilig Drinkwater - Proceswater [online]. Copyright © [cit. 20.10.2017]. Dostupné z: <https://hollandwater.com/wp-content/uploads/2016/10/10-comparion-Legionella-Disinfection-Techniques-22-09-2016.pdf>
- [57] EuroClean, Mostecká nemocnice nasazuje proti legionellám generátor EuroClean, Generátor chlordioxidu, EuroClean.cz. | Jednička v úpravě vody [online]. Copyright © EuroClean.cz. Všechna práva vyhrazena. [cit. 14.11.2017]. <https://euroclean.cz/wp-content/uploads/2016/11/generator-chlordioxidu.jpg>
- [58] Sanikill - Home.About monochloramine - Understanding chlorine chemistry: the beauty of electron clouds,Sanikill [online]. Dostupné z: <http://www.sanikill.com/wp-content/uploads/2015/02/biofilm.jpg>
- [59] Public Health, Q&A: Legionella and Legionellosis (Legionnaires' Disease), Nova Scotia Health Authority [online]. © 2017 Nova Scotia Health Authority [cit. 18.10.2017]. Dostupné z: <http://www.nshealth.ca/news/qa-legionella-and-legionellosis-legionnaires-disease>
- [60] BJERREGAARD S., Legionella pneumophila – lifestyle, virulence and presence in dental unit waterlines, Adapt Water Technologies [online]. [cit. 15.10.2017]. Dostupné z: <http://www.adept-dental-water.com/articles/legionella-pneumophila-%E2%80%93-lifestyle--virulence-and-presence-in-dental-unit-waterlines.aspx>
- [61] Legionella | Diagnosis, Treatment, and Prevention, Legionella (Legionnaires' Disease and Pontiac Fever) | CDC. Centers for Disease Control and Prevention [online]. [cit. 18.10.2017]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/legionella/clinicians/diagnostic-testing.html>
- [62] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. Praha: Ministerstvo zdravotnictví, 2005, Vyhláška 252/2004 Sb. Dostupné také z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=409/2005&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- [63] COTTON, Christine, Laurel PASSANTINO a Douglas OWEN. Integrating UV Disinfection Into Existing Water Treatment Plants. United States: American Water Works Association, 2005. ISBN 9781583214015. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=_fgvyiZF2F4C&pg=PR17&dq=thermo+desinfection+of+water&hl=cs&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=thermo%20desinfection%20of%20water&f=false
- [64] World Health Organization. Legionella and the prevention of legionellosis .WHO, World Health Organization [online]. Copyright © World Health Organization 2007 [cit.12.11.2017]. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella.pdf

- [65] YANG Chin S., Sampling and controlling Legionella bacteria in domestic water systems, EMLab P&K [online]. Copyright © 2004 EMLab P&K [cit.12.11.2017] Dostupné z: <https://www.emlab.com/media/resources/Sampling-Controlling-Legionella-Domestic-Water-System.pdf>
- [66] MARCHEGIANO P., MARCHESI I. et. al., Effectiveness of different methods to control legionella in water supply: ten year experience in an Italian university hospital, Journal of Hospital Infection [online]. [cit.12.11.2017] Dostupné z: http://www.legionellaonline.it/articolo_ospedale.pdf
- [67] Office of Water, Technologies for Legionella Control in Premise Plumbing Systems: Scientific literature review, EPA, United States Environmental protection Agency [online]. [cit.12.11.2017] Dostupné z: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/legionella_document_master_september_2016_final.pdf
- [71] Harsoft, Dezinfekce vody, UV lampy [online]. [cit.14.11.2017] Dostupné z: <http://www.harsoft.cz/harsoft/eshop/12-1-Dezinfekce-vody-UV-lampy>
- [72] Profivoda s.r.o. UV lampy - prodej – montáž [online]. [cit.14.11.2017] Dostupné z: <http://www.profivoda.cz/storage/static/produkty/pouziti.jpg>
- [73] Automatický dávkovač chloru Chlor Perfect - Eshop-bazeny.cz | Bazény a příslušenství. Bazény - Eshop-bazeny.cz | Bazény a příslušenství [online]. Copyright © 2005 [cit. 14.11.2017]. Dostupné z: http://www.eshop-bazeny.cz/public/Image/sekce-data-960/chlor_perfect_schema.jpg
- [74] Sanikill - Home.About monochloramine - Understanding chlorine chemistry: the beauty of electron clouds, Sanikill [online]. Dostupné z: <http://www.sanikill.com/wp-content/uploads/2015/02/biofilm.jpg>

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků		
Označení	Název	Použitý zdroj
A. 3. 1	Bakterie Legionella pneumophila	[59]
A. 4. 1	Ilustrační schéma tvorby biofilmu	[60]
A. 18. 1	Proces obnovení DMA po ozáření monochromatickou UV lampou	[72]
A. 18. 2	Ag/Cu ionizace	[22]
A. 18. 3	Ilustrační schéma zapojení ozonizátoru Starline pro provoz bazénu	[37]
A. 18. 4	Využití chlóru pro dezinfekci bazénové vody	[73]
A. 18. 5	Generátor chlordioxidu EuroClean	[57]
A. 18. 6	Příklad zapojení generátoru chlordioxidu	[54]
A. 18. 7	Umístění filtru do sprchové hlavice	[29]
A. 18. 8	Filtr pro pitnou vodu	[21]

Seznam tabulek		
Označení	Název	Použitý zdroj
A. 8. 1	Hlášená onemocnění Legionářskou nemocí v ČR	[3]
A. 10. 1	Tabulka č.1 – Mikrobiologické požadavky	[19]
A. 10. 2	Tabulka č.2 – A. Mikrobiologické požadavky	[19]
A. 10. 3	Tabulka č.3 – A. Minimální roční četnost odběru a rozsah rozborů vzorků pitné vody (mimo balené vody)	[19]
A. 16. 1	Porovnání materiálů z hlediska osídlení mikroflórou a Legionellou	[24]
A. 20. 1	Zjednodušené porovnání jednotlivých postupů	[1]; [55]; [56]; [66]; [67]

Seznam grafů		
Označení	Název	Použitý zdroj
A. 16. 1	Přilnutí bakterií Legionella pneumophila na vnitřních plochách	[24]
A. 18. 1	Porovnání schopnosti vniku do biofilmu	[58]

Seznam příloh

Seznam příloh		
Označení	Název	Měřítko
1	Praktická část	
2	Výkresová dokumentace - část 1	
001	Situace	1:250
002	Půdorys vnitřního vodovodu - 1.PP	1:50
003	Půdorys vnitřního vodovodu - 1.NP	1:50
004	Půdorys vnitřního vodovodu - 2.NP	1:50
005	Půdorys vnitřního vodovodu - 3.NP	1:50
006	Půdorys vnitřního vodovodu - 4.NP	1:50
007	Půdorys vnitřního vodovodu - 5.NP	1:50
008	Půdorys vnitřního vodovodu - 6.NP	1:50
009	Půdorys vnitřního vodovodu - 7.NP	1:50
010	Půdorys vnitřního vodovodu - 8.NP	1:50
011	Půdorys vnitřního vodovodu - 9.NP	1:50
012	Půdorys vnitřního vodovodu - 10.NP	1:100
3	Výkresová dokumentace - část 2	
013	Axonometrie vodovodu	1:100
014	Rozvinutý řez pokojové části hotelu	1:100
015	Rozvody vnitřního vodovodu pro typické byty jednotlivých stoupaček	1:100
016	Izometrie stoupacích potrubí	1:100
017	Výřez půdorysu 10.NP - Technické prostory - Ohřev TV	1:50
018	Schéma ohřevu teplé vody	---
019	Schéma technologie zásobující systém pro splachování WC	1:50
020	Vodovodní přípojka - Podélný řez	1:50
021	Vodovodní přípojka - Příčný řez	1:15
022	Vodovodní přípojka - Kladečské schéma	1:50
023	Schéma vodoměrné sestavy	1:5
4	Výpočtová schémata	
VS001	Výpočetní schéma stoupacích potrubí	1:200
VS002	Výpočetní schéma hlavních ležatých rozvodů	1:150
VS003	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu - Varianta 1	1:75
VS004	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu - Varianta 2	1:75
VS005	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu - Varianta 3	1:75
VS006	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu - Varianta 4	1:75
VS007	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu - Varianta 5	1:75
VS008	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu - Varianta 6	1:75
VS009	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu - Varianta 7	1:75
VS010	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu WC- Varianta 1	1:75
VS011	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu WC- Varianta 2	1:75
VS012	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu WC- Varianta 3	1:75
VS013	Výpočtové schéma pro dimenzování vnitřního vodovodu WC- Varianta 4	1:75
VS014	Výpočtové schéma pro dimenzování cirkulace	1:100
VS015	Výpočtové schéma pro dimenzování cirkulace - Varianta 1	1:200
VS016	Výpočtové schéma pro dimenzování cirkulace - Varianta 2	1:200
VS017	Výpočtové schéma pro dimenzování cirkulace - Varianta 3	1:200
VS018	Výpočtové schéma pro dimenzování cirkulace - Varianta 4	1:200
VS019	Výpočtové schéma pro dimenzování cirkulace - Varianta 5	1:200
VS020	Výpočtové schéma pro dimenzování cirkulace - Varianta 6	1:200