

RNDr. Jaroslav ŠAŠEK
SZÚ Praha

Technické parametry rozvodného systému teplé vody ve vztahu k rozvoji legionel

III. část – praktické realizace

Technical Parameters of Warm Water Distribution System in Relation to Legionella Development – Part 3 – Practical Implementation

Recenzentka
MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

Posláním této části je ukázat, zda, kde a s jakými výsledky byly úspěšně realizovány zásady prevence rozvoje legionel, nebo zda a v jaké míře došlo k redukci onemocnění legionelou při uplatňování principů, uvedených v I. a II. díle této, či předchozích mých pracích. Než předložím některé příklady, bude vhodné problematiku prevence legionel stručně osvětlit a ukázat, co je možno považovat dnes za úspěch v boji s legionelou.

Klíčová slova: rozvod teplé vody, legionely, odstranění legionel

The aim of this part is to review if, where and with what kind of results the principles of legionella development prevention were successfully implemented, or if and to what extent the reduction of legionella-related illness occurred with the use of principles indicated in Parts 1 and 2 of this or the previous works of the author. Clarifying the problems of legionella prevention and showing what can be considered to be a success when fighting legionella is followed by cases and examples.

Key words: warm water distribution, legionella, legionella removal

Prevence legionel v distribuční síti pitné vody má totiž své specifické rysy a ty tvoří podstatu obtíží při řešení tohoto problému:

- výskyt legionel (tak jako jiných mikroobů) ve volné vodě rozvodů je těsně spjat s jejich výskytem a rozvojem v biofilmech na vnitřní straně potrubí.
- ve společenstvu biofilmu dochází k různé formě spolužití s prvky, zejména amébami; ty jim poskytují ochranu, výživu apod.

Tyto dvě skutečnosti jsou příčinou vysoké stability legionel ve vodním prostředí a jejich odolnosti vůči teplotě, dezinfekci a dalším faktorům prostředí. Z toho plyne a praxe také ukazuje, že eliminace legionel z volné vody není tak obtížná, zato z biofilmu v současnosti obtížně řešitelná. I při eliminaci legionel z volné vody jsou jejich poměrně nízké počty stále přítomny v biofilmu, odkud je úplně odstranit nelze a za příhodných podmínek (např. přerušení kontinuální dezinfekce) dojde k jejich rozvoji v biofilmu a opětovnému výskytu a poté rozvoji i ve volné vodě. Mezi biofilmem a volnou vodou je těsný, dynamický vztah, který reaguje na konkrétní podmínky v tomto ekosystému. Dezinfikovat mikroorganismy ve vodě, ať se jedná o rozvod, nádrže, či různá technická zařízení, využívající při své činnosti vodu, znamená tedy působit na ně prostředky (obvykle chemickými) nejen ve volné vodě ale i na biofilmy na povrchu. Čím je poměr objemu volné vody k povrchu daného systému menší, tím je situace obtížnější a vliv biofilmu výraznější (potrubí, různá zařízení – zvlhčovače, chladicí věže, whirlpools, fontány aj. proti nádržím).

Obtíže při eliminaci legionel a jiných nežádoucích mikroorganismů (mykobakterie aj.) spočívají ve vysoké rezistenci mikroorganismů, rozvíjejících se v biofilmu, k teplotě i chemické dezinfekci. Např. u legionel, ale i některých mykobakterií a dalších mikroorganismů dochází navíc v biofilmu k asociaci (spolužití) s prvky, zejména amébami. Tím jejich odolnost dále roste v důsledku vysoké rezistence cyst (trvalých stadií) améb, v nichž legionely přežívají. Např. cysty améb přežívají i teplotu 80 °C v 6 %, což stačí k opětovné kontaminaci systému. V případě chemické dezinfekce některé druhy améb přežívají i koncentrace přes 50 mg/l chloru. I schopnost přežívání legionel ve volné vodě v potrubí je značná; při teplotě 60 °C přežijí 20 min, při 70 °C 10 min. Legionelu v biofilmech nelze plně odstranit ani při aplikaci 50 až 80 mg/l ClO₂ [4].

Základní principy prevence legionelózy (onemocnění legionelou) jsou shrnuty ve formě obecných i konkrétních zásad v dokumentu EWGLI, 2005. Jednotlivé členské státy EU k prevenci legionelózy přistupují různě, jejich legislativa pokrývá jednotlivé zdroje infekce (systém pitné vody, vodní systémy bazénů, chladicí věže, klimatizace, provozní vody, whirlpools) v různém rozsahu a v různém stupni právního dopadu. Liší se i základ případných zařízení, prevence po případném vypuknutí

onemocnění. To ostatně ukázala celoevropská konference „Legionella in Europe“, 2004, Amsterdam; jednotlivé členské země poskytly údaje o legislativě směrem k prevenci legionelózy ve svých zemích. Je řada metod k prevenci růstu legionel, ale ne všechny jsou povoleny ve všech evropských zemích.

Přístupy k řešení prevence rozvoje legionel v evropských zemích: (týká se instalací pitné vody)

Metoda prevence	Realizace
Termální kontrola	preferována v Holandsku (zajištěním teploty vody > 60 °C s týdenním 20 min. proplachem)
Aplikace Cl ₂ , ClO ₂ , O ₃	zakázána v Holandsku, Dánsku
Ag/Cu ionizace	zakázána v Dánsku, Rakousku, SRN
UV záření	zakázáno v Dánsku
Ultrafiltrace (Bin-X metoda):	schválena v Dánsku (ultrafiltrace póry 0,03 μm na studeném i teplém rozvodu)

Z uvedeného je patrné, že není jednota v uplatňování metod prevence rozvoje legionel v distribučním systému pitné vody v evropských zemích, metody někde povolené či preferované jsou jinde zakázané a naopak. Kritérium efektivnosti metody je někdy zastíněno ekologickým přístupem k věci.

V dalším uvedu příklady úspěšného použití zásad prevence rozvoje legionel

1. Úspěšného odstranění legionel je obvykle dosaženo při **kontinuální aplikaci** některé, výše uvedené **metody chemické či fyzikální dezinfekce (chlor, chlordioxid, Ag/Cu ionizace aj.)**. Podmínkou je, že tento postup je nutno používat v daném případě kontinuálně a v dostatečné, osvědčené koncentraci chemického přípravku a dávce fyzikálního postupu. V případě použití nižších koncentrací či dávek, stejně jako při přerušení dezinfekce se brzy vrátí kontaminace systému na původní hodnoty. Důvodem je skutečnost, že dezinfekce úspěšně postihne především legionely ve volné vodě, v biofilmu jejich počty sice výrazně sníží, takže se legionely prakticky neuvolňují do volné vody. Jejich zbytkové počty v biofilmu, neodstranitelné současnými prostředky z výše uvedených důvodů, představují potenciální hrozbu, že po přerušení dezinfekce osídí legionely opět dané prostředí. I kontinuální aplikace může mít své omezení; po třileté kontinuální aplikaci Ag/Cu ionizace v rozvodném systému univerzitní nemocnice v Bochumu, SRN, její účinnost poklesla [3].

Tab. 1 Koncentrace chemických a parametry fyzikálních prostředků (nutné pro kontrolu rozvoje legionel v distribučním systému pitné vody při jejich kontinuální aplikaci)

Dezinfekční postup (použití)	Koncentrace chemického, dávka či působení fyzikálního prostředku
Chlor	≥ 4 mg / l (4 až 6 mg/l)
Chlordioxid	závisí na předpisech (v ČR pro teplotu vodu do 0,8 mg/l, stejně US EPA)
Ag / Cu ionizace	0,4 mg/l Cu + 0,04 mg/l Ag
UV záření #)	30 až 40 mJ/cm ²
Termální dezinfekce*)	Termální šoková procedura při 70 až 80 °C po krátkou dobu až do 3 dnů (teplota na výtocích v distálních bodech systému ≥ 65 °C s proplachem min. 5 minut **)

*) není myšleno pro kontinuální dezinfekci, ale pro:

dezinfekci z naléhavé potřeby (emergency disinfection), periodickou dezinfekci systému jako součást dlouhodobého kontrolního programu (periodic disinfection as part of long-term control programmes)

**) pro zajištění účinnosti termální dezinfekce musí být vodní rozvodný systém dobře izolovaný; doporučuje se vypustit předem zásobníky na horkou vodu předem, jejich čištění a dezinfekce chlorem v koncentraci 50 mg/l po dobu 1 hod. nebo ekvivalentním postupem (EWGLI 2005).

#) je uvažováno jako prvek komplexu opatření (nemá reziduální účinky, působí jen v místě použití, slouží především k prevenci kontaminace)

Tab. 2 Rozvoj legionel v teplé vodě nemocničního objektu (1991-2000)

Teplota ohřevu [°C]	Teplota vratné vody [°C]	Legionella pneumophila sg. 1 KTJ / 100 ml		% pozitivních výtoků na legionelu
		Medián	Rozpětí	
45 °C (1991)	< 45	600	5 až 1500	100
65 °C (1991-2000)	56 až 61	16	1 až 500	10 až 15 (výjimečně 39)

1a. Někdy se v praxi místo kontinuální aplikace výše uvedených prostředků používá **jednorázová**, která však nevede k trvalé eliminaci či redukci počtů legionel. Za krátkou dobu (obvykle do 2 měsíců) se původní poměry obnoví, takže je nutno ji opět **opakovat s určitou frekvencí**, aby se dosáhlo podobného efektu jako v případě aplikace kontinuální. Koncentrace aplikovaných prostředků je pak vyšší, než udává tabulka výše, jedná se o tzv. šokové dávky.

1b. Použití chlórdioxidu je velice efektivní pro odstranění legionel z rozvodů, snižuje procento výtokových míst, pozitivních na legionelu **ze 41 na 4 %**, viz. nemocnice Johns Hopkins z Baltimore, USA [2]. Do systému byla aplikována koncentrace 0,8 mg/l ClO₂ na úrovni příslušného národního nařízení USA pro koncentraci chlórdioxidu. Je-li nutno zajistit vysokou bezpečnost před rizikem možné infekce, je třeba použít superdávky chlórdioxidu. Pak nezbyvá než škodlivé vedlejší produkty rozkladu chlórdioxidu (chloritany, chlorečnany, vedle zbytkového chlórdioxidu) odstranit uhlíkovými filtry. Problémy s korozi rozvodů nebyly zaznamenány v průběhu 6 let jeho používání, což dokládají i jiné zdroje.

Z některých prací, např. [5] plyne, že riziko nosokomiální (v nemocnici získané) legionelózy je proporcionální počtu výtokových míst, pozitivních na průkaz legionely. Konkrétně, výskyt *L. pneumophila* na > 30 % výtocích v objektu je spojen se zvýšeným rizikem onemocnění. Otázka, zda tuto skutečnost lze generalizovat obecně, neboť byla zatím uváděna jen v pracích z USA.

2. Komplex opatření (filtrace, UV sterilizace, termodezinfekce, hyperchlorace), vedoucí k výrazné redukci infekcí legionelou: v řadě případů je nutno na základě současných znalostí a prostředků zajistit přijatelné riziko, úměrné dané situaci. Na př. transplantační jednotka kostní dřevě v Pittsburgu [1] učinila následující opatření s **výrazným efektem redukce onemocnění (3 případy z 201 pacientů na transplantační jednotce proti 33 případům ze 150 pacientů, ošetřovaných na všeobecném oddělení)**. Venkovní vzduch přiváděný do pokojů byl ošetřen filtrací, bylo zde použito přetlakové větrání, potrubí na oddělení bylo z mědi, ohřev teplé vody

nastaven na 60 °C, zásobníky teplé vody byly měsíčně přehřívány na 85 °C s proplachem výtoků. Studená i teplá voda na oddělení procházela přes filtry 25 μ a 5 μ, pak ošetřena UV zářením o vlnové délce 254 nm a dávkou > 30 mJ/cm². Hyperchlorace dávkou >10 mg/l byla aplikována na studeném i teplém rozvodu tak, že tato koncentrace po 30 min. protékala výtokovými místy.

3. Vliv teploty

Vliv výše **teploty vody z ohřevu a teploty vratné vody** do ohřevu na rozvoj legionel demonstruje řada prací na konkrétních údajích.

3a. Holandská práce [5] ukazuje, že je-li teplota vratné vody udržována na 60 °C, dochází k eliminaci legionel v rozvodné síti i na periferních výtocích (baterie, sprchy). Pokles této teploty na **54 °C** vede k nárůstu počtu legionel na výtocích v rozmezí 50 až 6.300 KTJ/l, proti 0 až 50 KTJ/l za situace, kdy byla teplota vratné vody **60 °C**.

3b. Základem desetiletého programu redukce legionelózy ve švédské nemocnici v Jönköpingu [6] bylo jako výhradní opatření **trvalé udržování teploty cirkulační vody nad 55 °C** vedle běžného klinického dozoru. Toho bylo dosaženo nastavením teploty ohřevu na 65 °C (dříve nastaveno 45 °C), čímž **teplota vratné vody** (na výtocích z rozvodné sítě) byla v rozmezí **56 až 61 °C** za podmínek 5 min. odtáčení vody. Dále byl udržován režim týdenního 5 min. proplachu výtoků (kohoutky, sprchy) vodou, teplotou 65 °C. Po zvýšení teploty ohřevu z původních 45 °C na 65 °C došlo k prudkému poklesu % pozitivních výtoků na legionely a poklesu jejich počtů ve vodě v objemu 100 ml (Tab. 2).

3c. Podobné závěry uvádí i šetření na 69 transplantologických klinikách ve Velké Británii [7]. Při **teplotě cirkulační vody na výtocích > 58 °C** po 5 min. odtáčení vody **nebyla prokázána legionela**. Teplota cirkulační vody studeného rozvodu se pohybovala v rozmezí 8,3 až 28,9 °C s průměrem 16,6 °C (95 % CI průměru: 15,7 až 17,6); teplota cirkulační vody teplého rozvodu činila 37 až 74,6 °C s průměrem 56,2 °C (95% CI průměru: 54,2 až 58,2 °C).

3d. Stejně závěry jako v bodě 3c a 3d, totiž rozhodující vliv teploty vratné (cirkulační) vody na rozvoj legionel na výtocích, plynou i z práce [8]. Zde však na rozdíl od obou předešlých prací, **teplota vratné vody neklesala pod 60 °C**, čehož bylo dosaženo nejen vhodným nastavením teploty ohřevu (65 °C), ale i regulací rozvodného systému pitné vody s dodržáním optimální diference 5 °C, event. 7 °C mezi teplotou vody z ohřevu a teplotou vratné vody. Tím bylo dosaženo absence legionel v objemu 100 ml vody na výtocích ze sítě po standardním odtáčení vody, tj. po době 1 min.

Použité zdroje:

- [1] Matulonis, U., et al: Prevention of *Legionella* infections in a bone marrow transplant unit: multifaceted approach to decontamination of a water system. Infection Control and Hospital Epidemiology, 14, 10, pg. 571, 1993
- [2] Srinivasan, A. et al: A 17-month evaluation of a chlorine dioxide water treatment system to control *Legionella* species in a hospital water supply. Infection Control and Hospital Epidemiology, Vol. 24, No. 8, pg. 575, 2003.
- [3] Rohr, U. et al: Four years of experience with silver-cooper ionization for control of *Legionella* in a German university hospital hot water system. Clin Infect Dis, 29: 1507-1511, 1999
- [4] Walker, J.T. et al: Control of *Legionella pneumophila* in a hospital water system by chlorine dioxide. Journal of Industrial Microbiology, 15, 384-390, 1995
- [5] Kool, J.L. et al: Hospital characteristic associated with colonization of water systems by *Legionella* and risk of nosocomial legionnaires disease: a cohort study of 15 hospitals. Infect Control Hosp Epidemiol ; 20: 798-805, 1999
- [6] Darelid, J. et al: Control of nosocomial Legionnaires' disease by keeping the circulating hot water temperature above 55 °C: experience from a 10-year surveillance programme in a district general hospital. Journal of Hospital Infection; 50: 213-219, 2002
- [7] Patterson, W.J. et al: Colonization of transplant unit water supplies with *Legionella* and protozoa: precautions required to reduce the risk of legionellosis. Journal of Hospital Infection, 37, 7-17, 1997
- [8] Šašek, J.: Technické parametry rozvodného systému teplé vody ve vztahu k rozvoji legionel. II. část – opatření v praxi. VVI č. 1, 2006, s. 38-39. ■