

CZĘŚĆ I. DYSERTACJE I ARTYKUŁY

ZAPOBIEGANIE PRZYPADKOM LEGIONELLOZY W ZAKŁADACH OPIEKI MEDYCZNEJ. ŚRODKI KONTROLI I STAN WIEDZY NA TEMAT TECHNOLOGII DEZYNFEKЦИИ

Człowiek i Zdrowie Nr I (IV) 2010, 5-12

Stefano Melada

Sanipur srl

Streszczenie: Kontrola bakterii z rodzaju *Legionella* i innych patogenów pochodzenia wodnego w wodzie pitnej jest trudnym zadaniem. Obecnie, nowe technologie, jak np. te oparte o Plan Bezpieczeństwa Wodnego, szybkie narzędzia mikrobiologiczne i technologie dezynfekcji, pomagają zapewnić powodzenie tych działań. Ten artykuł, poza wstępem, który skupia się na powszechności tego problemu i zagrożeniach zdrowotnych z niego wynikających, podejmuje dyskusję na temat zalet i wad najlepszych dostępnych technologii umożliwiających zwalczanie tego patogenu.

Słowa kluczowe: dezynfekcja, *Legionella*, patogeny pochodzenia wodnego, plan bezpieczeństwa wodnego

WSTĘP

Legionella jest wszechobecną bakterią żyjącą w środowisku ciepłych wód, która może wywoływać ciężką postać zapalenia płuc (legionellozę, tzw. Chorobę legionistów, ChL, ang.: Legionists' Disease, LD). Rosnąca liczba sztucznych środowisk wodnych, np. wodociągi z ciepłą wodą, wieże chłodzące czy baseny spa, sprzyjają rozprzestrzenianiu się tego patogenu (Fields 2002, s. 506–26).

Tradycyjna koncepcja walki z tym problemem nie jest pro-aktywna (gdy problem wystąpi, odnajduje się go i zwalcza), podczas gdy nowoczesne społeczeństwa potrzebują bardziej zaawansowanych narzędzi umożliwiających przewidywanie rozwoju problemu (zwalczenie problemu zanim wystąpi) i zapobieganie jego rozprzestrzenianiu się.

Jak większość mikroorganizmów, *Legionella* wrasta w błonę biologiczną i może funkcjonować jako wewnątrzkomórkowy patogen w amebach i innych pierwotniakach (Dennis i in. 1982). To zachowanie chroni bakterie z rodzaju *Legionella* przed tradycyjnymi metodami dezynfekcji, a przez to utrudnia ich eliminację ze sztucznych środowisk wodnych (Stout 1992, Breiman 1993, Joseph 1996, Kool 1998).

Choroba legionistów powodowana jest wdychaniem drobnych kropeł skażonej wody i mgły. Mogą być one generowane przez np. głowicę prysznica lub dyszę wieży chłodzącej i przez to wdychane przez ludzi.

Choroba ta jest szczególnie ważna w strukturze opieki zdrowotnej, gdzie wykryto jej wiele ognisk. Osobami wysokiego ryzyka są pacjenci o obniżonej odporności, osoby w podeszłym wieku, palacze oraz osoby z chorobą nowotworową lub przewlekłą chorobą układu oddechowego / nerek.

Chociaż zakażenia szpitalne ChL w Europie stanowią jedynie 6-7% wszystkich notowanych przypadków (www.ewgli.org), wymagają one szczególnej troski z uwagi na wysoki wskaźnik umieralności (nawet do 30%).

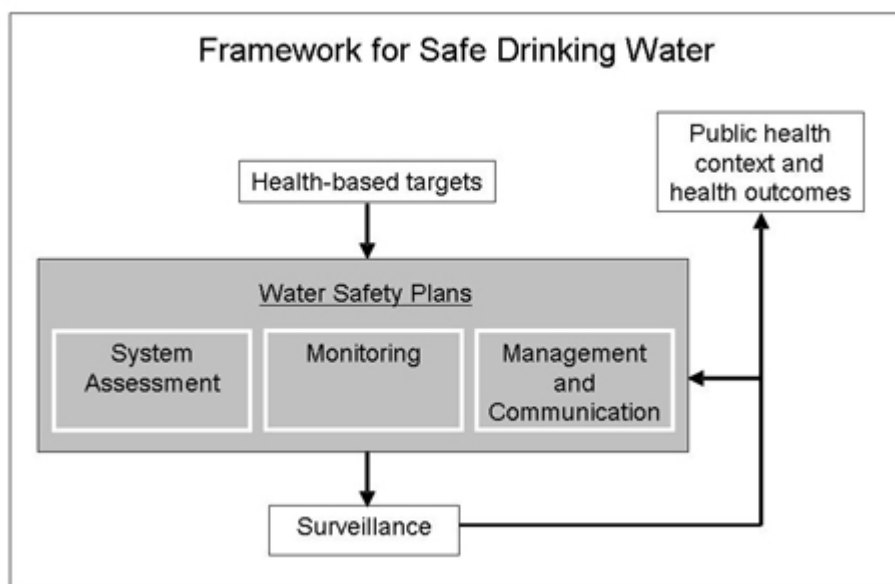
Przypadki legionellozy notowano również w Polsce, dlatego też staje się ona obiektem uwagi w aspekcie zdrowia publicznego. W ostatnich latach (2007–2009), Państwowy Zakład Higieny (<http://www.pzh.gov.pl>) odnotował około 20–25 przypadków legionellozy, jednak dane te wydają się być zaniżone. W sąsiadujących Niemczech, w tych samych latach odnotowano ok. 6,4 przypadków na milion mieszkańców, podczas gdy w Polsce wskaźnik ten wynosi około 0,3. Wskazuje to na duże niedoszacowanie danych.

Strategie kontroli bakterii z rodzaju legionella

Jak dotąd, tradycyjne strategie okazały się być nieskuteczne w efektywnym zapobieganiu Choroby legionistów nabywanej w skupiskach ludzi. Zapobieganie jej rozprzestrzenianiu się w zakładach opieki medycznej skupia się głównie na zapobieganiu lub ograniczeniu osiedlania się bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach wodociągowych poprzez kontrolę temperatury i zastosowanie biocydów (Sehulster, Chinn 2003). Jak wykazano powyżej, zakłady opieki zdrowotnej wymagają szczególnej uwagi z tytułu zwiększonej podatności oraz wysokiej umieralności z powodu Choroby legionistów wśród pacjentów z obniżoną odpornością i tych z chorobami podstawowymi (Benin 2002). Ponieważ zasiedlone systemy dystrybucji wody są często związane z transmisją bakterii z rodzaju *Legionella* (Straus 1996, Sabria 2004), skuteczne strategie dezynfekcji wody powinny okazać się najlepszym sposobem prewencji Choroby legionistów (Flannery 2006).

Niemniej jednak, zastosowanie strategii dezynfekcji bez wspierającego planu zarządzania ryzykiem może okazać się nieskuteczne.

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) opracowała „Strukturę Bezpiecznej Wody Pitnej”, która może zostać zastosowana w ocenie i zarządzaniu ryzykiem wywołanym bakteriami z rodzaju *Legionella* (WHO 2007). Struktura ta przedstawiona jest na Rycinie 1.



Ryc. 1. Struktura Planu Bezpieczeństwa Wodnego (PBW) (źródło: WHO 2007)

[Framework for Safe Drinking Water – Struktura Bezpiecznej Wody Pitnej; Health-based targets – Cele zdrowotne; Public health context and health outcomes – Kontekst zdrowia publicznego i konsekwencji zdrowotnych; Water Safety Plans – Plany Bezpieczeństwa Wodnego; System Assessment – Ocena systemu; Monitoring – Monitoring; Management and Communication – Zarządzanie i komunikacja; Surveillance – Nadzór]

Strategia rozwoju PBW obejmuje następujące kluczowe komponenty:

- *ocena systemu* – ustalenie czy jakość wody w punkcie (punktach) potencjalnego narażenia lub użytkowania spełnia cel zdrowotny oparty na ocenie ryzyka narażonej populacji
- *monitoring* – identyfikacja i monitorowanie środków kontroli w celu zapewnienia bezpieczeństwa wody (np. poziomy biocydów, temperatura, pH, całkowita aktywna biomasa)
- *zarządzanie i komunikacja* – dokumentacja oceny systemu i monitoringu oraz opis działań, jakie należy podjąć w czasie normalnej eksploatacji oraz po incydentach, w tym dokumentacji i komunikacji (np. plan działań naprawczych po negatywnych wynikach kontroli, takich jak niskie poziomy pozostałości biocydów oraz lista osób, które należy poinformować o zdarzeniu).

Plan Bezpieczeństwa Wodnego (PBW) powinien zostać wdrożony przez zespół ekspertów w tej dziedzinie. Oceniający powinni posiadać wiedzę na temat czynników ekologicznych wspomagających rozwój bakterii *Legionella* w systemie oraz podstawy konstrukcji i funkcjonowania systemu, jak również jego wszelkich modyfikacji i zmian, szczególnie gdy jest on rozległy i złożony. Ogólnie ujmując, ocena złożonego systemu będzie wymagała szerokiej wiedzy podstawowej i najlepiej aby była dokonywana przez multidyscyplinarny zespół ekspertów będący w stanie odnieść się do wszystkich aspektów funkcjonowania i zarządzania systemem, w tym aspektów mikrobiologicznych (WHO 2007).

Podejście do zarządzania ryzykiem, przedstawione na rycinie 1, opierało się w dużej mierze na systemie HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point – Analiza Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli). Zasady systemu HACCP (tj. prewencyjnego systemu zarządzania ryzykiem, który od wielu lat wykorzystany jest w przemyśle spożywczym) oparte są na rozwijaniu znajomości systemu, prioryteźacji ryzyka i zapewnieniu środków kontroli w celu redukcji zagrożeń do akceptowalnego poziomu.

Kluczową kwestią w realizacji PBW jest zdolność do prawidłowego określenia krytycznych punktów kontroli (CCPs) i znalezienie odpowiednich narzędzi do monitorowania systemu objętego oceną. Wśród tych narzędzi są: temperatura, pozostałości środków dezynfekujących, aktywność biologiczna oraz ładunek składników odżywczych. Celem PBW jest zapewnienie szybkiego i niezawodnego systemu zapobiegania rozprzestrzenianiu się bakterii *Legionella* w sztucznych systemach wodnych. Monitorowanie tych parametrów powinno odbywać się często, a działania zapobiegawcze/naprawcze powinny zostać podjęte natychmiast w przypadku wyników nie mieszczących się w normach.

Nowym i rzetelnym narzędziem służącym do określania całkowitej biomasy aktywnej (miary aktywności biologicznej) jest technika bioluminescencji (lub ATP-metria).

Obecnie dostępne są zestawy drugiej generacji ATP-metrii, będące bardziej skuteczne i dokładne niż poprzednie.

Dlaczego problem bakterii legionella występuje w zakładach opieki zdrowotnej?

Zakłady opieki zdrowotnej to zwykle rozległe budynki ze złożonym układem rurociągów. Co więcej, są to często stare budynki z przestarzałymi systemami wodno-kanalizacyjnymi (również z tzw. martwymi punktami, tj. syfonami, kolankami, w których woda zwykle stoi), a obecność zaworów mieszaczy termostatycznych i zaworów czujników na podczerwień może zwiększyć ryzyko osiedlania się drobnoustrojów.

Obecność pacjentów wysokiego ryzyka ma również zasadnicze znaczenie z uwagi na fakt, że niektórzy z nich mogą korzystać z urządzeń wysokiego ryzyka, jak dozowniki tlenu z nawilżaczem.

W przypadku wybudowania nowych budynków lub odrestaurowania starych zdarza się też, że są one użytkowane tylko częściowo. Wiąże się to ze stagnacją części wód w instalacjach wody pitnej i ciepłej, która sprzyja namnażaniu i rozprzestrzenianiu się mikrobów w całym systemie. Bez odpowiednich wstępnych zabiegów dezynfekcyjnych, budynki te narażone są na duże ryzyko w tym względzie.

Środki kontroli: zasada kciuka

Środki kontroli w celu zapobiegania legionellozie są bardzo proste i nieskomplikowane. Można je podsumować w następujących punktach, wg których należy:

1. Utrzymywać temperaturę wody poza zakresem temperatury optymalnej dla namnażania się bakterii (25 – 45°C)
2. Unikać, jeśli to możliwe, generowania małych kropelek wody (nebulizacja)
3. Unikać stagnacji wody (która sprzyja rozwojowi warstwy biologicznej)
4. Stosować Dobre Praktyki Konserwacji
5. Rozważyć dezynfekcję.

Metody dezynfekcji

Dezynfekcja jest ważnym zadaniem w zapobieganiu występowania legionellozy. Ponieważ często nie-możliwe jest zastosowanie się do punktów 1-3 Zasady Kciuka (opisanej powyżej), należy zastosować odpowiednie praktyki konserwacji i odpowiednią dezynfekcję systemu, aby zminimalizować ryzyko infekcji.

Należy zastosować odpowiednią metodę dezynfekcji, w przeciwnym razie może ona okazać się nie skuteczna lub może spowodować uszkodzenia urządzeń systemu i rurociągów wody zimnej i ciepłej.

Badano kilka metod dezynfekcji i niektóre z nich okazały się bardzo skuteczne. Listę metody dezynfekcyjnych opisanych w tej pracy przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Lista najlepszych dostępnych metod stosowanych w celu dezynfekcji wody

Metody fizyczne	Przegrzanie-splukiwanie (SHF) Promieniowanie ultrafioletowe (UV) Filtry miejscowe (POF)
Dezynfekcja chemiczna	Chlor (HClO) Dwutlenek chloru (ClO ₂) Monochloramina (NH ₂ Cl) Miedź-Srebro (Cu/Ag) Nadtlenek wodoru-srebro (H ₂ O ₂ /Ag) Ozon (O ₃)

Poniżej opisane zostały (skrótowo) zalety i wady najlepszych dostępnych metod stosowanych w celu dezynfekcji wody pitnej i ciepłej wody do celów sanitarnych.

PRZEGRZANIE-SPLUKIWANIE

Zalety metody	Wady metody
Prostota zastosowania	Dezynfekcję należy przeprowadzić w nocy wtedy, kiedy nie ma pacjentów Ryzyko poparzeń Niemożliwe nieprzerwane kontynuowanie Trudność w utrzymaniu temperatury 60-70°C na całej długości instalacji przez wystarczający okres czasu Kosztowna (pod względem zużycia energii, jak również ilości osób do obsługi) Może dotrzeć do błony biologicznej (na skutek rozszerzania się rur pod wpływem ciepła) i spowodować rozprzestrzenienie się skażenia Ryzyko uszkodzenia zaworów i innych urządzeń (stres mechaniczny)

PROMIENIOWANIE UV

Zalety metody	Wady metody
Małe wymagania sprzętowe	Brak głębokiej dezynfekcji (lokalne działanie) Kosztowna Wymaga częstego czyszczenia (z powodu tworzenia się biofilmu na lampie) Brak wystarczających danych naukowych popierających jej stosowanie

FILTRY MIEJSCOWE

Zalety metody	Wady metody
Szybka w zastosowaniu Nie wymaga modyfikacji systemu Coraz częściej stosowana w prysznicach i w systemach dostarczania wody dla pacjentów z obniżoną odpornością	Nie rozwiązuje problemu (nie dezynfekuje, stanowi jedynie fizyczną barierę) Może doprowadzić do ponownego skażenia rurociągu (jak w przypadku tzw. martwych punktów) Kosztowna

CHLOR/PODCHLORYN

Zalety metody	Wady metody
Sprawdzone działanie w uzdatnianiu wody pitnej Tania Łatwa do zastosowania (prosta pompa dozująca)	Skutkuje wytworzeniem toksycznych produktów ubocznych CHX ₃ Stężenie aktywnego chloru wysoce zależne od pH wody Może powodować korozję rur Skuteczna w wysokich stężeniach (przynajmniej 2 ppm), które mogą przekroczyć stężenia dopuszczalne dla wody pitnej

DWUTLENEK CHLORU

Zalety metody	Wady metody
Skuteczność potwierdzona w kilku krajach Aktywna dawka ClO_2 : 0,2 – 0,3 ppm Woda nadaje się do picia ClO_2 aktywny na błonie biologicznej Sprzęt do produkcji z rozcieńczonym odczynnikiem jest bezpieczny i niezawodny	ClO_2 musi zostać wyprodukowany in situ Skutkuje wytworzeniem chlorynów jako produktów ubocznych (maksymalne stężenie dozwolone w Europie: 0.7 ppm) Koroduje rury poliolefinowe (rury PEX, PPR)

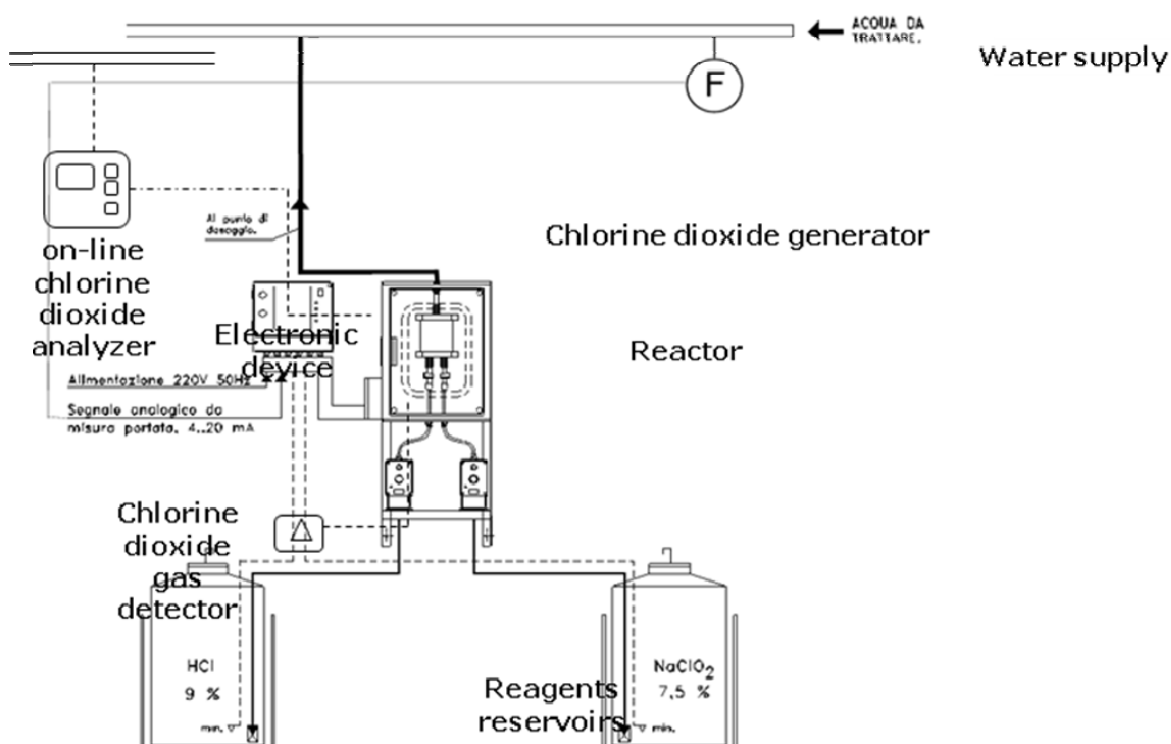
Poniżej znajduje się lista opublikowanych skutecznych przypadków zastosowania ww metod:

- Wolverhampton – szpital (Vernagene, HSE, PHLS, DoH joint trial 1993-5)
- Liverpool – szpital (Walker i in. 1995 J. Ind. Micro. 15:384-390)
- Glasgow – szpital (Hamilton i in. 1996 J. Hosp. Inf. 32: 156 -160)
- Liverpool – liniowiec wycieczkowy Edinburgh Castle (Regan i in. 2003 Commun. Dis. Publ. Hlth. 6: 152-156)
- Baltimore (Srinivasan i in. 2003 Inf. Cont. Hosp. Epidem. 24: 575 - 579)
- Ostatnie pomyslnie doniesienia z Włoch.

Notowano też niepowodzenia:

- szpital w Cardiff – (Hosein i in. 2005 J. Hops. Inf. 61: 100-106)
- Nottingham – (Lee i in. 2002 *Legionella* Eds: Marre i in. ASM Press pp 398 – 401).

Poniższe zdjęcie przedstawia aparat to produkcji dwutlenku chloru.



Ryc. 2. Aparat do bezpiecznej produkcji in situ dwutlenku chloru

[Water supply – Zasilanie wody; Chlorine dioxide generator – Generator dwutlenku chloru;
Reactor – Reaktor; Online chlorine dioxide analyzer – On-line analizator dwutlenku chloru;
Electronic device – Urządzenie elektroniczne; Chlorine dioxide gas detector – Gazowy detektor
dwutlenku chloru; Reagents reservoirs – Zbiorniki z odczynnikami]

MONOCHLORAMINA

Zalety metody	Wady metody
Skuteczność potwierdzona w USA Bardzo skuteczna na biofilmie Nie niszczy rur poliolefinowych (PEX, PPR) Dopuszczalne stężenie monochloraminy w wodzie pitnej: do 4ppm Skutkuje mniejszą ilością produktów ubocznych niż chlor (praktycznie brak CHX ₃) Opatentowane zastosowanie w rurociągach wody ciepłej (pozwala uniknąć akumulacji produktów ubocznych)	Wymaga ulepszonych sprzętu do dializy pacjentów (filtry węglowe) Niedozwolona w niektórych krajach (Niemcy, Szwajcaria)

IONIZACJA MIEDŹ-SREBRO

Zalety metody	Wady metody
Dobrze sprawdzona i dobrze działa w gorącej wodzie Działa najlepiej w miękkiej wodzie Mniej danych opublikowano dla zastosowań w zimnej wodzie	Skuteczne stężenie Cu & Ag może przekroczyć poziom dozwolony w wodzie pitnej Bakterie mogą wytworzyć mechanizmy obronne Korozyja na galwanizowanych rurach stalowych

NADTLENEK WODORU / SREBRO

Zalety metody	Wady metody
Nadtlenek wodoru jest „przyjaznym dla środowiska” środkiem dezynfekującym (jedynym produktem ubocznym jest woda)	Reklamacje i jak dotąd żadnych wspierających dowodów Doświadczenia z Anglii – bakterie Legionella wciąż wykrywalne przy dawce >100ppm i zauważalne efekty na skórze Nieskuteczna w niedawnym zdarzeniu w hotelu Nieskuteczna w niedawnym zdarzeniu szpitalnym Może uszkodzić sprzęt

OZON

Zalety metody	Wady metody
Ozon – bardzo silny utleniacz	Ozon – wysoce toksyczny (wymaga rozkładu po użyciu) Brak głębokiej dezynfekcji (lokalne działanie) Bardzo kosztowna

Nowatorskie metody dezynfekcji

Biocydy stosowane w procesie uzdatniania wody mogą być również używane w celu prewencji skażenia bakteriami Legionella, pod warunkiem zastosowania odpowiedniego sprzętu i metody.

Jak wykazano powyżej, każda z technologii dezynfekcji posiada wady i zalety. Spośród tych stosowanych do dezynfekcji wody, chlor i dwutlenek chloru są najczęściej używanymi w prewencji i kontroli ChL. Dane literaturowe pokazują, że – jak dotąd – metoda z zastosowaniem dwutlenku chloru jest jedną z najbardziej obiecujących (Wolverhampton – hospital (Vernagene 1993, Srinivasan 2003, Walker 1995, Hamilton 1996, Regan 2003, Srinivasan 2003, Di Marino 2009).

Ostatnio naukowcy amerykańscy opublikowali dane, według których szpitale w miastach, w których stosuje się zabiegi chloraminą notują mniejszą liczbę przypadków ChL, w porównaniu z miastami, w których dezynfekcję przeprowadza się przy pomocy chloru (Flannery 2006).

Obserwacje te doprowadziły do rozwoju nowej obiecującej włoskiej technologii opartej o chloraminy (Garusi) służącej do dezynfekcji w celu prewencji ChL (Marchesi 2010).

Zalety tej nowej technologii polegają na tym, że może ona głębiej penetrować warstwę biologiczną na wewnętrznych ścianach rurociągu, może szybko zniszczyć bakterie Legionella i jest kompatybilna z funkcją uzdatniania wody. Dodatkowo, technologia ta nie powoduje korozji plastikowych rur, jak ma to miejsce w przypadku dwutlenku chloru (Castagnetti 2006) i jest bardziej trwała w tzw. martwych punktach (jak np. rzadko używane odpływy).

Wskazówki i źródła informacji

Poniżej przedstawiono krótką listę stron internetowych oferujących przydatne informacje na temat problemu bakterii Legionella:

- Polska strona źródłowa <http://www.pzh.gov.pl>
- europejska strona źródłowa z wytycznymi <http://www.ecdc.europa.eu/en/activities/surveillance/eldsnet/pages/index.aspx>
- amerykańska strona źródłowa z wytycznymi <http://www.cdc.gov/legionella/index.htm>
- publikacje WHO na temat bakterii Legionella http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella_rel/en/

Wnioski

Kontrola bakterii Legionella jest nadal wyzwaniem w obiektach służby zdrowia, jak również miejskich, ze względu na rosnącą liczbę przypadków ChL nabytych w skupiskach ludzi (83% ogółu przypadków odnotowanych wśród krajów europejskich). Nowe strategie kontroli, oparte o Plan Bezpieczeństwa Wodnego inspirowany systemem HACCP, powinny być realizowane przy odpowiedniej technologii dezynfekcji.

Literatura:

1. Benin A. i in. (2002), *Trends in legionnaires' disease, 1980–1998: declining mortality and new patterns of diagnosis*. Clin Infect Dis. 35:1039–46.
2. Breiman, R. (1993), *Modes of transmission in epidemic and nonepidemic Legionella infection: directions for further study*. In: Barbaree J, Breiman R, Dufour A, eds. *Legionella: current status and emerging perspectives*. Washington: American Society for Microbiology, s. 30–5.
3. Castagnetti D. i in. (2006), *Effect of chlorinated water on the oxidative resistance and the mechanical strength of polyethylene pipes*. XIII Plastic Pipes, Washington, DC.
4. Dennis, P. J i in. (1982), *Legionella*.
5. Di Marino O. i in. (2009), *The Water Safety Plan Applied for the Control of Legionella Infections in an Italian Hospital*. P139 – Legionella 2009 – Paris.
6. Fields, B.S. i in., (2002), *Legionella and Legionnaires' disease: 25 years of investigation*. Clin Microbiol. Rev. 2002;15:506–26.
7. Flannery B., Matthew R. Moore, Barry S. (2006), *Fields and Richard E. Besser Emerging Infectious Diseases* • www.cdc.gov/eid • Vol. 12, No. 4.
8. Garusi, G. Garusi, F. Sanipur srl, Italy, patent pending
9. Hamilton i in. (1996), *1996 J. Hosp. Inf.* 32: 156–160.
10. Joseph, C. i in. (1996), *An international investigation of an outbreak of Legionnaires' disease among UK and French tourists*. Eur J Epidemiol. 12:215–9.
11. Kool J. i in. (1998), *More than 10 years of unrecognized nosocomial transmission of Legionnaires' disease among transplant patients*. Infect Control Hosp Epidemiol. 19:898–904.
12. Legionella and the prevention of legionellosis, WHO 2007, Edited by: Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond and Susanne Surman-Lee
13. Marchesi I. i in. (2010), *One-year monochloramine efficacy on planktonic and sessile L. pneumophila in a hospital water distribution system*. EWGLI 2010 – Copenhagen.
14. Regan i in. (2003), *2003 Commun. Dis. Publ. Hlth.* 6: 152–156.
15. Sabria M. i in. (2004), *Environmental cultures and hospital-acquired Legionnaires' disease: a 5-year prospective study in 20 hospitals in Catalonia, Spain*. Infect Control Hosp Epidemiol. 25:1072–6.
16. Sehulster, L., Chinn R.Y. (2003), *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities*. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 52:1–42.
17. Srinivasan i in. (2003), *2003 Inf. Cont. Hosp. Epidem.* 24: 575–579.
18. Srinivasan i in. (2003), *2003 Inf. Cont. Hosp. Epidem.* 24: 575–579.
19. Stout, J.E. i in. (1992), *Potable water as a cause of sporadic cases of community-acquired Legionnaires' disease*. N Engl J Med. 1992; 326:151–5.

20. Straus W. L. i in. (1996), *Risk factors for domestic acquisition of Legionnaires' disease*. Arch Intern Med. 156:1685-92.
21. Walker i in.(1995), 1995 *J. Ind. Micro.* 15:384-390.

Strony internetowe:

1. European Working Group for Legionella infection. www.ewgli.org

PART I. DISSERTATIONS AND ARTICLES

LEGIONELLOSIS PREVENTION IN HEALTH-CARE FACILITIES. CONTROL MEASURES AND STATE-OF-THE-ART DISINFECTION TECHNOLOGIES

Człowiek i Zdrowie Nr I (IV) 2010, 13-19

Stefano Melada

Sanipur srl

Abstract: Control of *Legionella* and other waterborne pathogens in potable water is a difficult task. Nowadays new technologies, like the application of the water safety plan, rapid microbiological tools and new disinfection technologies, help finding the right way to succeed. The present paper, after an introduction which focuses on the diffusion of the problem and the health risk associated, discusses the advantages and disadvantages of the best technologies available to fight this pathogen.

Key words: disinfection, *Legionella*, waterborne pathogens, water safety plan

Introduction

Legionella is an ubiquitous bacterium living in warm water environment which can cause a severe form of pneumonia (Legionnaires' Disease, LD). The spreading of artificial water environments, like hot water pipeworks, cooling towers, spa pools,... is increasing the diffusion of this pathogen (Fields 2002, p. 506–26).

Traditional approach to fight this problem is not pro-active (after a case I find it and I get rid of it) and modern societies need more advanced tools to predict the insurgence of this problem (fight it before the problem appears) and to avoid its diffusion.

Like most of the microorganisms, *Legionella* grows in biofilm and also can live as an intracellular pathogen in amoebas and other protozoa (Dennis et al. 1982). This behaviour protects *Legionella* from traditional disinfection techniques, proving it difficult to get rid of it in artificial water environments (Stout 1992, Breiman 1993, Joseph 1996, Kool 1998).

Legionnaires' Disease is caused by the inhalation of contaminated small water droplets and mists. These ones, for example, can be produced by a shower head or a cooling tower nozzle and can be thus inhaled by humans.

This disease is a main concern in health care structure, where many of the outbreaks have been detected. High risk persons are immune-compromised patients, aged persons, smokers and people with cancer or chronic respiratory/ kidney diseases.

Nosocomial LD cases in Europe are only about 6-7% of the total recorded cases, but they are of great concern due to the high mortality rate (up to 30%).

In Poland, Legionellosis is an emerging issue and is of concern for public health. The Polish National Health Institute (<http://www.pzh.gov.pl>) recorded in recent years (2007 - 2009) about 20 – 25 cases/year but the problem is surely highly underestimated. In fact, a neighbouring Country, like Germany, recorded in the same years about 6.4 cases/million inhabitants, whereas the Polish rate per million is around 0.3. This account for a large underestimation.

Legionella control strategies

Traditional strategies, up to now, have been proven to be unable to effectively prevent community-acquired Legionnaires' Disease. Prevention of transmission within healthcare facilities focuses primarily on preventing or limiting *Legionella* colonization of plumbing systems through temperature control or use of biocides (Sehulster, Chinn 2003). Healthcare facilities are of special concern because of increased

susceptibility to and a high case-fatality ratio of Legionnaires' Disease among immunocompromised persons and those with underlying illnesses (Benin 2002), as previously reported. Because colonized water distribution systems are often implicated in *Legionella* transmission (Straus 1996, Sabria 2004), effective water disinfection strategies could provide the best measure to prevent Legionnaires' disease (Flannery 2006).

Nevertheless, applying a disinfection strategy without the support of a risk management plan will be ineffective.

The World Health Organization (WHO) has developed a framework for safe drinking-water that can be applied to assessing and managing the risks posed by *Legionella* (WHO 2007). Figure 1 illustrates this framework.

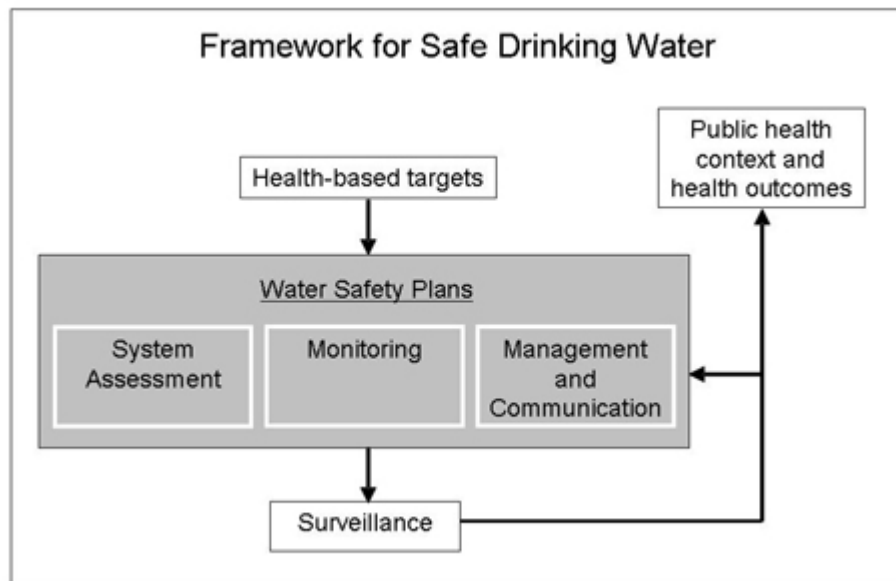


Fig. 1. Water Safety Plan framework (source: WHO 2007)

The steps involved in developing a WSP consist of the following key components:

- *system assessment* – determination of whether the water quality at the point(s) of potential exposure or use meets the health-based target, based on a risk assessment for the population likely to be exposed
- *monitoring* – identification and monitoring of control measures used to ensure water safety (e.g. biocide levels, temperature, pH, total active biomass)
- *management and communication* – to document the system assessment and monitoring, and describe actions to be taken during normal operation and after incidents, including documentation and communication (e.g. a plan for remedial actions after adverse monitoring results, such as low residual biocide levels, and listing those to be informed of an event).

The water safety plan (WSP) should be implemented by a team of experts in this field. Assessors must be aware of the ecological factors that encourage *Legionella* growth within a system, and have some understanding of the design and engineering of the system, and of any modifications or alterations to the system, particularly if the system is large and complex. Assessment of complex systems will generally require a broad knowledge base and is best conducted by a multidisciplinary team that can address all aspects of system operation and management, including microbiological aspects (WHO 2007).

The risk management approach, outlined in Figure 1, was based largely upon HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point). The principles of HACCP (which is a preventive risk management system that has been used in the food manufacturing industry for a number of decades) are based on developing an understanding of the system, prioritising risks and ensuring that appropriate control measures are in place to reduce risks to an acceptable level.

A key issue in the implementation of the WSP is the ability to correctly define the critical control points (CCPs) and finding the right tools to monitor the system under investigation. Among these tools there are: temperature, disinfectant residual, biological activity, nutrient load. The goal of the WSP is to provide a rapid and reliable system to prevent the proliferation of *Legionella* into the artificial water system. Monitoring of these parameters should be done frequently and preventive/corrective action should be immediately applied in case of out-of-range results.

A new and reliable tool for the determination of the total active biomass (a measure of the biological activity) is the bioluminescence technique (or ATP-metry).

Nowadays, second-generation ATP-metry kits, more effective and accurate than preceding ones, are available.

Why are health-care facilities affected by the legionella problem?

Health-care facilities usually are complex buildings made of different water pipeworks. Moreover, they are often old buildings with old plumbing systems (where possibly dead legs can occur) and the presence of many thermostatic mixer valves and infrared sensor taps could increase the risk of microbial colonization.

The presence of high risk patients is a main concern, also for the fact that some of them can use high risk devices like humidifiers for oxygen equipments.

Eventually, it happens that after a new building has been built or an old building has been restored, the opening and occupation of the building is only partial. In this case, large section of the drinking and hot water pipeworks are stagnant and microbes can proliferate and spread through the entire system. Without an adequate preliminary disinfection treatment, these building are at very high risk.

Control measures: rule of thumb

Control measures for the prevention of Legionellosis are very simple and straightforward. They are summarized as follows:

1. Keep water outside the optimal temperature range for proliferation (25 – 45°C)
2. Avoid, if possible, formation of small water droplets (nebulization)
3. Avoid stagnation (which favors biofilm growth)
4. Apply Good Maintenance Practices
5. Consider disinfection

Disinfection techniques

Disinfection is an important task in the prevention of Legionellosis. Since often it is not possible to respect the rule of thumb 1 to 3 reported above, the right maintenance practices and the right disinfection system have to be put in place to minimize the risk of infection.

The adequate disinfection technique should be applied, otherwise it could be ineffective or can also cause damages to cold and hot water pipeworks and devices.

Several disinfection techniques have been tested and some of them demonstrated their good efficacy.

The disinfection methods considered in this paper are listed in the following table.

Tab. 1. List of best available techniques for water disinfection

Physical Methods	Superheating-flushing (SHF) Ultraviolet radiation (UV) Point-of-use filters (POF)
Chemical disinfection	Chlorine (HClO) Chlorine dioxide (ClO ₂) Monochloramine (NH ₂ Cl) Copper-Silver (Cu/Ag) Hydrogen peroxide-silver (H ₂ O ₂ /Ag) Ozone (O ₃)

Here follows a brief description of advantages and disadvantages of the best available technologies for the disinfection of drinking and sanitary hot water.

SUPERHEATING-FLUSHING

Advantages	Disadvantages
Simple application	Requires to be carried out overnight or in absence of patiences Risk of scalding Not applicable in continuous Difficult to reach the temperature of 60-70°C all over the pipework for enough time Expensive (in term of energy consumption but also requires a lot of people) Can spread the biofilm (due to thermal expansion of the pipes) and cause a spread of contamination Risk of damages on valves and other devices (mechanical stress)

UV RADIATION

Advantages	Disadvantages
Small equipment	No residual disinfection (local action) Expensive Need a frequent cleaning (because of biofilm formation on the lamp) Not enough scientific data

POINT-OF-USE FILTRATION

Advantages	Disadvantages
Fast to apply Do not require system modification Increasingly used for showers and to provide drinking water for immunocompromised patients	Do not solve the problem (no disinfection, just a physical barrier) Can retro-contaminate the pipework (like a dead leg) Expensive

CHLORINE/HYPOCHLORITE

Advantages	Disadvantages
Well-known for water potabilization Cheap Easy to apply (simple dosing pump)	Produce toxic THM's as by-products Active chlorine concentration greatly affected by water pH Can cause pipe corrosion Effective at high concentration (at least 2 ppm), this can overcome the allowed concentration for drinking water

CHLORINE DIOXIDE

Advantages	Disadvantages
Succesfully used in several countries Active dose 0,2 – 0,3 ppm Preserve potability of water Active on biofilm Production equipment with diluted reagent is safe and reliable	Needs to be produced in situ Produce chlorites as by-products (max. 0.7 ppm allowed in Europe) Corrodes polyolefinic pipes (PEX, PPR)

Here follows a list of published successful trials:

- Wolverhampton – hospital (Vernagene, HSE, PHLS, DoH joint trial 1993-5)
- Liverpool – hospital (Walker et al. 1995 J. Ind. Micro. 15:384-390)
- Glasgow – hospital (Hamilton et al. 1996 J. Hosp. Inf. 32: 156 -160)
- Liverpool – cruise liner Edinburgh Castle (Regan et al. 2003 Commun. Dis. Publ. Hlth. 6: 152-156)
- Baltimore (Srinivasan et al. 2003 Inf. Cont. Hosp. Epidem. 24: 575 - 579)
- Recent successful reports from Italy

And reported failures:

- Cardiff hospital – (Hosein et al. 2005 J. Hops. Inf. 61: 100-106)
- Nottingham – (Lee et al. 2002 *Legionella* Eds: Marre et al. ASM Press pp 398 – 401)

In the picture below, an apparatus to produce chlorine dioxide is depicted.

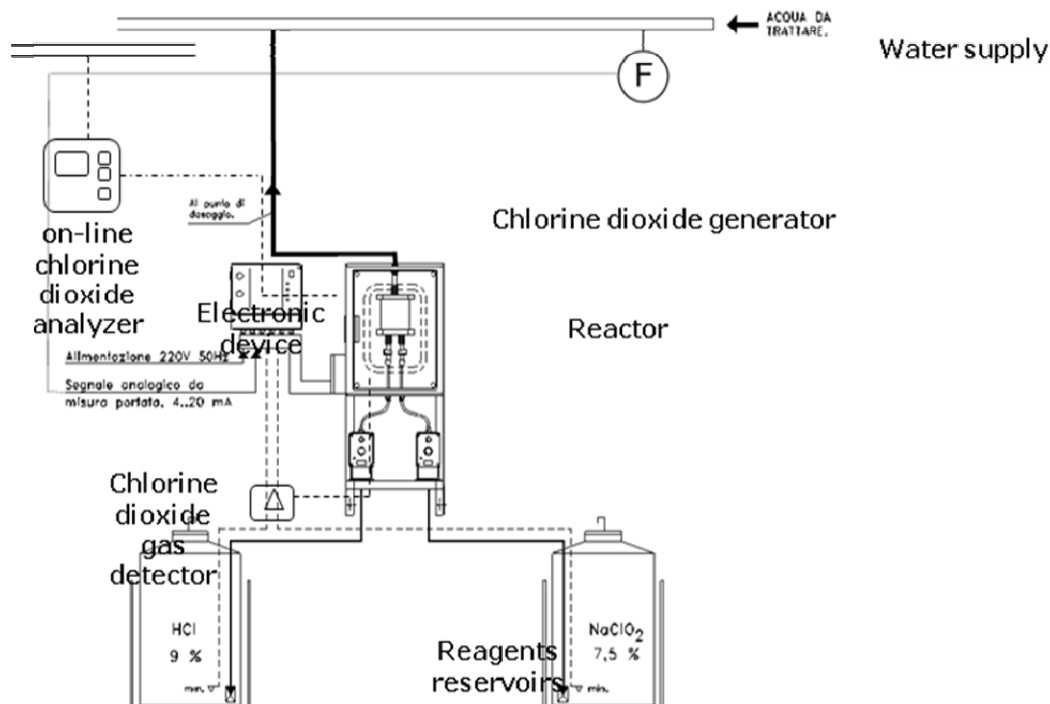


Fig. 2. Apparatus for the safe in situ production of chlorine dioxide

MONOCHLORAMINE

Advantages	Disadvantages
Successfully used in USA and Italy Very effective on biofilm Does not damage polyolefinic pipes (PEX, PPR) Allowed up to 4ppm in drinking water Less by-product than chlorine (almost no THMs) Patented application for hot water pipeworks (avoid accumulation of by-products)	Need improved equipment for dialyses patients (carbon filters) Not allowed in some Countries (Germany, Switzerland)

COPPER SILVER IONIZATION

Advantages	Disadvantages
Well tried and works well in hot water. Works best in soft water. Less data published on cold water	Cu & Ag effective concentration can exceed drinking water allowed levels Bacteria can develop resistance Corrosion on galvanized steel pipes

HYDROGEN PEROXIDE / SILVER

Advantages	Disadvantages
Hydrogen peroxide is a "environmental friendly" disinfectant (the only by-product is water)	Claims but not much supporting evidence so far. English experience – Legionella still detectable when >100ppm was present and one could notice the effects on ones skin Failed to disinfect in recent hotel incident Failed to disinfect in recent nosocomial incident Can damage equipments

OZONE

Advantages	Disadvantages
Very powerful oxidant	Highly toxic (needs to be decomposed after action) No residual disinfection (local action) Extremely expensive

Cutting-edge disinfection technologies

Biocides used for water potabilization should be also valid for Legionella prevention, provided that the right equipment is used and the right technique is applied.

Every disinfection technologies have advantages and disadvantages, as reported above. Among those used for water disinfection, chlorine and chlorine dioxide are the most widely used for LD prevention and control. Literature data showed that chlorine dioxide, up to now, is the most promising one (Vernagene 1993, Srinivasan 2003, Walker 1995, Hamilton 1996, Regan 2003, Srinivasan 2003, Di Marino 2009).

Recently, USA researchers reported that hospitals in chloramines-treated municipalities showed a lower number of LD cases compared to hospitals in chlorine-treated municipalities (Flannery 2006).

These observations led to the development, in Italy, of new promising chloramines-based technology for water disinfection aimed to the prevention of LD (Marchesi 2010).

The advantages of this new technology are that it can penetrate more deeply the biofilms on the inner side of pipeworks, can eradicate Legionella quickly and are compatible with potability. Moreover, it does not corrode plastic pipes as recently has been demonstrated for chlorine dioxide (Castagnetti 2006) and are more persistent in dead legs (like seldom used outlets).

Guidelines and sources of information

- Here follows a short list of Internet sites useful to find information on the Legionella problem.
- Polish refecence site <http://www.pzh.gov.pl>
- European refecence site and guidelines <http://www.ecdc.europa.eu/en/activities/surveillance/elidsnet/pages/index.aspx>
- American CDC reference site and guidelines <http://www.cdc.gov/legionella/index.htm>
- WHO publications on Legionella http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella_rel/en/

Conclusions

Control of Legionella is still a challenging task in health-care facilities as well as municipalities, due to the increasing numbers of community acquired LD cases (83% of the total recorded cases among European Countries). New control strategies, based on the HACCP-inspired Water Safety Plan, should be implemented alongside a suitable disinfection technology.

References:

1. Benin A. et al. (2002), *Trends in legionnaires' disease, 1980–1998: declining mortality and new patterns of diagnosis*. Clin Infect Dis. 35:1039–46.
2. Breiman, R. (1993), *Modes of transmission in epidemic and nonepidemic Legionella infection: directions for further study*. In: Barbaree J, Breiman R, Dufour A, eds. *Legionella: current status and emerging perspectives*. Washington: American Society for Microbiology, s. 30–5.
3. Castagnetti D. et al. (2006), *Effect of chlorinated water on the oxidative resistance and the mechanical strength of polyethylene pipes*. XIII Plastic Pipes, Washington, DC.
4. Dennis, P. J i in. (1982), *Legionella*.
5. Di Marino O. et al. (2009), *The Water Safety Plan Applied for the Control of Legionella Infections in an Italian Hospital*. P139 – Legionella 2009 – Paris.
6. Fields, B.S. et al., (2002), *Legionella and Legionnaires' disease: 25 years of investigation*. Clin Microbiol. Rev. 2002;15:506–26.
7. Flannery B., Matthew R. Moore, Barry S. (2006), *Fields and Richard E. Besser Emerging Infectious Diseases* • www.cdc.gov/eid • Vol. 12, No. 4.
8. Garusi, G. Garusi, F. Sanipur srl, Italy, patent pending
9. Hamilton et al. (1996), *1996 J. Hosp. Inf.* 32: 156 -160.
10. Joseph, C. et al. (1996), *An international investigation of an outbreak of Legionnaires' disease among UK and French tourists*. Eur J Epidemiol. 12:215–9.
11. Kool J. et al. (1998), *More than 10 years of unrecognized nosocomial transmission of Legionnaires' disease among transplant patients*. Infect Control Hosp Epidemiol. 19:898–904.
12. Legionella and the prevention of legionellosis, WHO 2007, Edited by: Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond and Susanne Surman-Lee
13. Marchesi I. et al. (2010), *One-year monochloramine efficacy on planktonic and sessile L. pneumophila in a hospital water distribution system*. EWGLI 2010 – Copenhagen.
14. Regan et al. (2003), *2003 Commun. Dis. Publ. Hlth.* 6: 152-156.
15. Sabria M. et al. (2004), *Environmental cultures and hospital-acquired Legionnaires' disease: a 5-year prospective study in 20 hospitals in Catalonia, Spain*. Infect Control Hosp Epidemiol. 25:1072–6.
16. Sehulster, L., Chinn R.Y. (2003), *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities*. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 52:1–42.
17. Srinivasan et al. (2003), *2003 Inf. Cont. Hosp. Epidem.* 24: 575-579.
18. Srinivasan i in.. (2003), *2003 Inf. Cont. Hosp. Epidem.* 24: 575-579.
19. Stout, J.E. et al. (1992), *Potable water as a cause of sporadic cases of community-acquired Legionnaires' disease*. N Engl J Med. 1992; 326:151–5.
20. Straus W. L. et al. (1996), *Risk factors for domestic acquisition of Legionnaires' disease*. Arch Intern Med. 156:1685–92.
21. Walker et al. (1995), *1995 J. Ind. Micro.* 15:384-390.

Web sites:

1. European Working Group for Legionella infection. www.ewgli.org