

dr RENATA MATUSZEWSKA
 lek. med. DOROTA MAZIARKA
 dr n. przyr. BOŻENA KROGULSKA
 Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego
 – Państwowy Zakład Higieny, Zakład Higieny Środowiska
 Kontakt: rmatuszewska@pzh.gov.pl

Bakterie z rodzaju *Legionella* w wodzie technologicznej na stanowiskach pracy

Fot. photoshop / Bigstockphoto



Instalacje i urządzenia wodne, w tym systemy wody technologicznej/chłodzącej są rezerwuarami, które mogą być zasiedlane przez szereg mikroorganizmów, w tym bakterie z rodzaju *Legionella*. Zakażenie człowieka pałeczkami *Legionella* następuje na drodze inhalacyjnej w przypadku przedostania się tych mikroorganizmów wraz z aerozolem wodnym bezpośrednio do układu oddechowego. Badania przeprowadzone w zakładach mechanicznej obróbki szkła potwierdziły obecność bakterii *Legionella* w wodzie technologicznej urządzeń generujących aerozol wodny, co wskazuje na ryzyko wystąpienia zakażeń oddechowych pracowników zatrudnionych przy ich obsłudze. Ze względu na istniejące zagrożenie zdrowotne powodowane zasiedlaniem instalacji i urządzeń wodnych przez pałeczki *Legionella*, należy prowadzić okresowy monitoring wody technologicznej w kierunku wykrywania obecności tych bakterii oraz opracować procedury stosowania regularnych zabiegów czyszczenia i dezynfekcji, urządzeń generujących bioaerozol.

Słowa kluczowe: bakterie *Legionella*, woda technologiczna, aerozol wodny, zakażenie, układ oddechowy

Bacteria of the genus *Legionella* present in the processed water at work

Installations and water equipment, including cooling water systems are reservoirs that can be inhabited by a variety of microorganisms, including *Legionella* genus. Human infection with *Legionella* occurs through inhalation during introduction of these micro-organisms, together with the water spray directly to the respiratory system. Studies in mechanical glass processing factories have confirmed the presence of *Legionella* in technological water devices generating bioaerosol, indicating the risk of respiratory infections by their employees. In view of existing health risks caused by colonisation of installation and water equipment with the *Legionella*, periodical monitoring towards the detection of these bacteria and developing procedures for including regular cleaning and disinfection treatments of devices that generate bioaerosol needs to be applied.

Keywords: bacteria *Legionella*, processed water, water spray, infection, respiratory system

Wstęp

Środowisko wodne stanowi potencjalny rezerwuuar występowania i namnażania się różnych mikroorganizmów, w tym takich, które mogą powodować zachorowania u ludzi. Zła jakość wody, niedoskonałości konstrukcyjne oraz

niewłaściwy nadzór sanitarno-higieniczny nad urządzeniami i instalacjami wodnymi, a także brak działań zapobiegawczych mogą być przyczyną powstawania sprzyjających warunków do ich namnażania się.

Jednym z czynników biologicznych występujących w wodzie, mogącym stanowić poważne

zagrożenie dla zdrowia ludzi na stanowiskach pracy, są bakterie z rodzaju *Legionella*. Ich źródłem, z którego następuje emisja do otaczającego powietrza na stanowisku pracy, może być woda technologiczna, wykorzystywana do różnego rodzaju procesów produkcyjnych. W określonych warunkach bakterie występujące i namnażające się w wodzie przedostają się wraz z aerozolem wodnym do powietrza, z którego na drodze inhalacyjnej wnikają do dróg oddechowych. Odpowiednio wysoka wilgotność powietrza oraz długotrwały czas ekspozycji pracowników zakładów przemysłowych na tego typu zagrożenia może prowadzić do zachorowań definiowanych jako legionelozy.

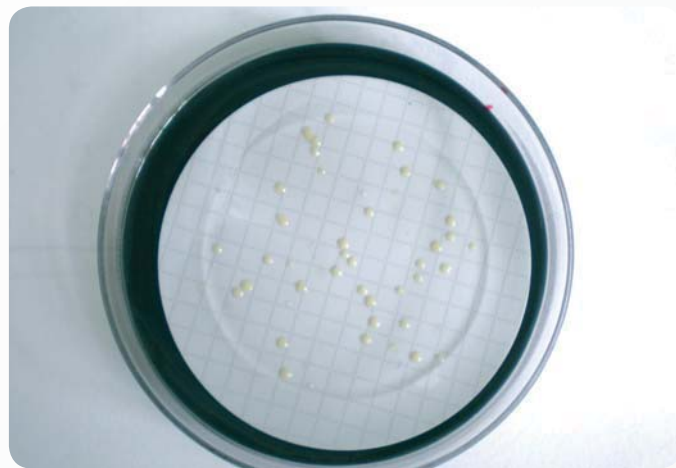
Bakterie z rodzaju *Legionella* – czynnik chorobotwórczy

Pałeczki z rodzaju *Legionella* mogą występować powszechnie w wodzie i w generowanym do powietrza aerozolu wodnym. Szczególnie niebezpieczne są pałeczki należące do gatunku *Legionella pneumophila* [1,2,3]. Spośród rejestrowanych zachorowań 80-90% wywołanych jest przez ten gatunek, przy czym 50-75% przez *L. pneumophila* serogrupy 1. Legioneloza występuje w postaci płucnej – legionelozowe zapalenie płuc (inaczej nazywane chorobą legionistów) oraz w postaci pozapłucnej grypopodobnej (gorączka Pontiac i gorączka Lochgoilhead), [1,2,3].

Postać płucna stanowi 3 do 8% wszystkich zachorowań wywołanych przez pałeczki *Legionella*. Legionelozowe zapalenie płuc bardzo często przebiega w sposób niespecyficzny, ciężkość przebiegu waha się od lekkiego (kaszel, lekka gorączka i niewielkie zmiany w rtg płuc) do bardzo ciężkiego, zagrażającego życiu chorego [1]. Ponadto u ok. 30%-50% chorych mogą wystąpić objawy ze strony układu nerwowego (np. zawroty głowy, splątanie) oraz ze strony układu pokarmowego (ból brzucha, biegunka, nudności). Śmiertelność pacjentów z postacią płucną legionelozy jest bardzo duża, wynosi od 10 do 30%, przy czym szacuje się, że postać ta występuje jedynie u ok. 0,5-5% osób narażonych na zakażenie [3]. Pontiac natomiast objawia się najczęściej gorączką, bólami głowy, bólami



Fot. 1. Pobieranie próbek wody do badań z linii technologicznej w zakładzie obróbki szkła
Fig. 1. Water samples collection from the processing line in the glass processing factory



Fot. 2. Wzrost kolonii bakterii z rodzaju *Legionella* na podłożu GVPC izolowanych z próbek wody technologicznej

Fig. 2. Growth of the *Legionella* bacteria isolated from the processed water sample, on the GVPC surface

mięśniowymi, a wyleczenie następuje samoistnie po 3-5 dniach. Ta postać legionellozy występuje u ponad 90% ekspozowanej populacji [1,2,3].

Zakażenie bakteriami z rodzaju *Legionella* następuje najczęściej drogą inhalacyjną przez przedostanie się skażonego aerozolu wodnego o średnicy kropelek od 2 do 5 mm bezpośrednio do pęcherzyków płucnych. Najbardziej narażoną na wystąpienie postaci płucnej legionellozy grupą są mężczyźni w wieku 40 – 69 lat [1,2]. Ryzyko zachorowania zwiększają: palenie tytoniu, picie alkoholu, cukrzyca, choroby wymagające leczenia immunosupresyjnego i cytostatycznego. Dawka infekcyjna nie jest jeszcze do tej pory ściśle określona. Dane szacunkowe wskazują, że w przypadku skażenia wody bakteriami *Legionella* w liczbie 10^2 – 10^4 jtk/100 ml mogą wystąpić sporadyczne zachorowania, natomiast przy liczbie przekraczającej 10^4 jtk/100 ml można spodziewać się epidemii legionellozy. Według danych *European Legionnaires Disease, Surveillance Network* (ELDSnet) w krajach europejskich w 2011 r. odnotowano 4864 przypadków zachorowań na legionellozę [4].

Czynniki sprzyjające występowaniu i namnażaniu się bakterii *Legionella* w wodzie technologicznej

Woda technologiczna wykorzystywana jest m.in. do mycia, płukania, chłodzenia urządzeń lub chłodzenia wyrobów podczas ich produkcji. W trakcie tych procesów urządzenia zasilane wodą niejednokrotnie generują aerozol wodny, który może nieść ze sobą zanieczyszczenia mikrobiologiczne, w tym pałeczki *Legionella*, które mogą pozostawać zawieszane w powietrzu przez dłuższy czas. Najintensywniej zasiedlane przez pałeczki *Legionella* są instalacje i urządzenia zasilane wodą o temperaturze 40 °C, przy czym bakterie te mają zdolność namnażania się w temperaturze 25 – 45 °C [3,5,6]. Ich liczba w wodzie może wynosić nawet 10^3 jtk/100 ml, w osadach ich koncentracja jest jeszcze wyższa i często sięga 10^4 – 10^8 jtk/100 ml. Występowaniu i namnażaniu bakterii z rodzaju *Legionella* w urządzeniach i instalacjach wodnych sprzyja korozja,

stagnacja wody, obecność pierwotniaków i innych mikroorganizmów, osadów oraz biofilm [3,5,6,7].

Doskonałe warunki dla ich rozwoju istnieją przede wszystkim w zbiornikach lub zasobnikach do gromadzenia wody, w długich i rozgałęzionych instalacjach wodnych, szczególnie, gdy pracują one z przestojami, co sprzyja stagnacji wody, a tym samym tworzeniu biofilmu. Biofilm powstaje praktycznie na każdej powierzchni kontaktującej się z wodą, różny może być jedynie czas powstawania obrastów biologicznych i różna ich grubość [7,8]. Zależnie od rodzaju materiału, z którego wykonana jest instalacja, pałeczki *Legionella* sp. stanowią nawet 31% liczby izolowanych gatunków bakterii z biofilmu, a ich koncentracja może osiągać 10^5 jtk/cm². Bakterie z rodzaju *Legionella* występują zazwyczaj w układzie „satelitarnym” z innymi bakteriami heterotroficznymi, np. *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, pierwotniakami, grzybami i glonami [3,8]. Bytowanie *Legionella* wewnątrz pierwotniaków chroni komórki bakterii przed działaniem czynników zewnętrznych, takich jak wysoka temperatura czy obecność biocydów. Miejscem namnażania się pałeczek *Legionella* związanym z pierwotniakami są ich wakuole, które mogą zawierać dziesiątki, a nawet tysiące komórek bakterii.

Przeżywalność *Legionella* w generowanym bioaerozolu wzrasta wraz ze wzrostem wilgotności, od 3 do 15 min przy wilgotności 30% do 80%. Z kropek bioaerozolu żywe komórki *Legionella* mogą być przenoszone na znaczne odległości, nawet do 3,6 km [3]. Niektóre badania wykazały w wodach wież chłodniczych poza pałeczkami *Legionella* w liczbie przekraczającej 10^4 jtk/100 ml również obecność innych bakterii heterotroficznych w liczbie powyżej 10^4 jtk/ml oraz pierwotniaków w liczbie 10^3 jtk/100 ml. Problemu tego nie można pominąć rozpatrując zagrożenia zdrowotne związane z zanieczyszczeniem powietrza wokół urządzeń wytwarzających aerozole wodne.

Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* w wodzie technologicznej – badania własne

Badania przeprowadzone w latach 1998-2006 przez Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny wykazały obecność pałeczek *Legionella* w 35,6% pobranych próbek z obiegów przemysłowych wód chłodniczych [9]. Spośród próbek dodatnich największy odsetek – 90,8% stanowiły próbki, w których wykryto obecność *L. pneumophila* sg 2-14. Najbardziej niebezpieczna *L. pneumophila* sg 1 była obecna w 7,8% próbek *Legionella*-pozytywnych. Bakterie te występowały w populacji jednorodnej lub mieszanej z *L. pneumophila* sg 2-14. W próbkach, gdzie oznaczono jednorodną kulturę pałeczek *L. pneumophila* sg 1 ich liczba przekraczała wartość 10^2 jtk/100 ml, a w przypadku populacji mieszanej *L. pneumophila* sg 1 i sg 2-14 koncentracja tych bakterii przekraczała wartość 10^2 jtk/100 ml. W 63,1% próbek, w których wykryto obecność *L. pneumophila* sg 2-14, ich koncentracja była wysoka i przekraczała 10^2 jtk/100 ml [9].

Badania, wykonane przez NIZP-PZH w latach 2011-2012 w ramach programu „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” wykazały obecność bakterii z rodzaju *Legionella* w 27,2% próbek wody technologicznej pobranych w zakładach mechanicznej obróbki szkła z urządzeń generujących aerozol wodny na stanowiskach pracy (fot. 1.).

W badanych próbkach wody nie wykryto obecności *L. pneumophila* sg 1, a wszystkie wyizolowane szczepy oznaczono jako *L. pneumophila* sg 2-14. Liczba wykrywanych pałeczek *Legionella* wynosiła od kilku komórek w 100 ml do powyżej 10^4 jtk/100 ml, przy czym w tych próbkach liczba towarzyszących mikroorganizmów heterotroficznych była również wysoka i przekraczała wartość 10^3 jtk/ml. W przypadku instalacji i urządzeń, w których stwierdzono wysokie skażenie wody bakteriami z rodzaju *Legionella* można przypuszczać, że ze względu na możliwość

przedstawiania się tych mikroorganizmów wraz z kroplami aerozolu do powietrza istnieje ryzyko zakażenia osób obsługujących urządzenia.

Przeprowadzone równocześnie w 9 zakładach mechanicznej obróbki szkła badania ankietowe 130 osób narażonych na wdychanie bioaerozolu wykazały występowanie ostrych dolegliwości ze strony układu oddechowego u 28,2 % ankietowanych. Przeważały objawy nieżyty górnych dróg oddechowych – katar z niedrożnością nosa, ból gardła, kaszel, podwyższona temperatura ciała. Występowanie przewlekłych dolegliwości ze strony układu oddechowego zgłosiło 29% ankietowanych. Najczęściej był to długotrwały kaszel, rzadziej zgłaszano nawracającą duszność wysiłkową, świszczący oddech i ból w klatce piersiowej [10].

Monitoring i kontrola występowania pałeczek *Legionella* w wodzie – przepisy prawne

Bakterie z rodzaju *Legionella* (fot. 2.) zostały zaklasyfikowane do II grupy zagrożenia w załączniku 2 do rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki [11].

Obowiązujące w Polsce uregulowania prawne dotyczące konieczności kontroli występowania pałeczek *Legionella* w instalacjach i urządzeniach zasilanych wodą obejmują niestety jedynie nadzór nad wodą ciepłą w obiektach zamieszkania zbiorowego i zakładach opieki zdrowotnej zamkniętej [12]. Rozporządzenie to określa dopuszczalny poziom skażenia wody (<100 jtk/100 ml), wskazuje również miejsca pobierania próbek wody do badań w kierunku *Legionella* oraz częstotliwość monitorowania i procedury postępowania przy stwierdzeniu określonego poziomu skażenia.

Problem zagrożenia legionelozą został również zauważony przez Ministerstwo Infrastruktury, które w rozporządzeniu z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, w § 120 umieściło następujący zapis: „Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać uzyskanie w punktach czerpalnych wody o temperaturze nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C. Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać przeprowadzanie ciągłej lub okresowej dezynfekcji metodą chemiczną lub fizyczną (w tym okresowe stosowanie metody dezynfekcji cieplnej), bez obniżania trwałości instalacji i zastosowanych w niej wyrobów. Dla przeprowadzenia dezynfekcji cieplnej niezbędne jest zapewnienie uzyskania w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 70°C i nie wyższej niż 80°C” [13].

W 2001 r. wprowadzono obowiązek rejestracji legionelozy na mocy ustawy o chorobach zakaźnych i zakażeniach [14]. Z dniem 1 stycznia 2009 r. ustawa ta została zastąpiona przez ustawę o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi [15]. Utrzymano konieczność zgłaszania zachorowań na legionelozę (została ona wymieniona w pozycji 28 załącznika do ustawy obejmującego wykaz zakażeń i chorób zakaźnych).

Doświadczenia innych krajów oraz wyniki badań przeprowadzonych w NIZP-PZH wskazują na potrzebę rozszerzenia monitoringu i kontroli występowania pałeczek *Legionella* w wodzie stosowanej nie tylko do celów sanitarnych (prysznicze), ale także do innych celów. W wielu krajach obowiązują przepisy prawne lub zalecenia obejmujące również kontrolę wody w basenach kąpielowych, wody stosowanej w systemach klimatyzacyjnych i urządzeniach medycznych oraz wody przemysłowej wykorzystywanej do celów technologicznych i chłodzących (np. w wieżach chłodniczych), [6,16,17,18,19].

Działania zapobiegające namnażaniu się mikroorganizmów, w tym bakterii z rodzaju *Legionella* w wodzie technologicznej powinny obejmować m.in.:

- kontrolę czynników fizyko-chemicznych sprzyjających występowaniu i namnażaniu się mikroorganizmów
- systematyczny nadzór techniczny i konserwacja urządzeń
- regularne badania mikrobiologiczne wody, także w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella*
- procedury czyszczenia i dezynfekcji urządzeń oraz instalacji wodnych.

Wśród przykładowych działań w przypadku urządzeń przemysłowych, gdy istnieje ryzyko zanieczyszczeń mikrobiologicznych zaleca się, aby urządzenia i instalacje generujące aerozol wodny były poddawane gruntownemu czyszczeniu i dezynfekcji przynajmniej dwa razy w roku, a raz w tygodniu powinna być przeprowadzona kontrola zapachu rozpylanej wody, kumulacji osadów i stopnia korozji. Badania mikrobiologiczne powinny być prowadzone w kierunku wykrywania pałeczek *Legionella* (raz na kwartał) oraz ogólnej liczby bakterii heterotroficznych w temperaturze 30 °C (raz w miesiącu). W większości przypadków uważa się, że jeżeli liczba pałeczek *Legionella* w wodzie technologicznej nie przekracza wartości 10² jtk/100 ml i ogólna liczba mikroorganizmów jest mniejsza niż 10⁴ jtk/ml, to system jest właściwie kontrolowany i nie stanowi zagrożenia dla osób obsługujących urządzenia.

Podsumowanie

Stwierdzone w wynikach badań skażenie wody technologicznej pałeczkami *Legionella*, sygnalizuje istnienie realnego zagrożenia zdrowia osób obsługujących urządzenia generujące bioaerozole. Niezmiernie ważna jest zatem bieżąca kontrola czynników sprzyjających występowaniu i namnażaniu się tych bakterii w wodzie technologicznej stosowanych w urządzeniach. W Polsce nie ma opracowanych przez ustawodawcę przepisów prawnych nakładających na podmioty gospodarcze obowiązek monitorowania wody technologicznej w celu wykrywania bakterii z rodzaju *Legionella* oraz prowadzenia odpowiednich działań prewencyjnych, zapobiegających namnażaniu się mikroorganizmów w urządzeniach i procesach generujących aerozol wodny. W roku 2013 w ramach projektu „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” zostały przygotowane przez Zakład Higieny Środowiska NIZP-PZH „Zalecenia

dotyczące ograniczenia występowania zanieczyszczeń mikrobiologicznych, w tym bakterii z rodzaju *Legionella*, w systemach wody technologicznej/chłodniczej i w sanitarnych instalacjach wody ciepłej w zakładach przemysłowych”.

PIŚMIENICTWO

- [1] Butler J.C., Breiman R.F. *Legionellosis. Bacterial Infection of Human. Epidemiology and Control.* (ed.) Evans A.S., Barchman P.S. New York, London 1998,18:355-75
- [2] Fields B.S., Benson R.F., Besser R.E. *Legionella and Legionnaires' Disease: 25 years of Investigation.* "Clin. Microb.Rev." 2002, 506-526
- [3] Bartram J., Chartier Y., Lee J.V., Pond K., Surman-Lee S. *Legionella and the prevention of legionellosis*, WHO 2007
- [4] *ECDC Surveillance Report: Legionnaires disease in Europe 2011*
- [5] Kusnetsov J.M., Martikainen P.J., Jousimies – Somer H.R., Väisänen M.L., Tulkki A.J., Ahonen H.E., Nevalainen A.I. *Physical, chemical and microbiological water characteristics associated with the occurrence of Legionella in cooling tower systems.* Wat.Res.1993,27,85
- [6] *Legionella 2003:Update and Statement by the Association of Water Technologies (AWT)*, June 2003
- [7] Rogers J., Dowsett A.B., Dennis P.J., Lee J.V., Keevil C.W. *Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth of Legionella pneumophila in potable water systems.* "Appl. Environ. Microbiol." 1994, 60, 1842
- [8] Turentgen I., Cotuk A. *Monitoring of biofilm-associated Legionella pneumophila on different substrata in model cooling tower system.* "Environ MonitAssess" 2007, 125:271-279
- [9] Matuszewska R., Krogulska B. *Występowanie bakterii z rodzaju Legionella w obiegach wód chłodniczych.* „Państw. Roczn PZH” 2008,59,4:445-454
- [10] Krogulska B., Matuszewska R., Bartosik M., Krogulski A., Szczętko M., Maziarka D., *Analiza występowania dolegliwości i objawów ze strony układu oddechowego u osób zatrudnionych w przemyśle na stanowiskach pracy generujących aerozol wodny oraz badania pilotażowe jakości mikrobiologicznej powietrza i wody technologicznej „Medycyna Pracy”, 2013, 64,1*
- [11] Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (DzU 2005, nr 81, 716 z późn. zm.)
- [12] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (DzU 2007, nr 61, poz. 417 z późn. zm.)
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (DzU 2002, nr 75, poz. 690)
- [14] Ustawa o chorobach zakaźnych i zakażeniach (DzU 2001, nr 126, poz.1384)
- [15] Ustawa o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (DzU 2008, nr 234, poz.1570)
- [16] EWGLI: *Technical guidelines for the investigation, control and prevention of travel associated Legionnaires' disease.* September 2011, v.1.1
- [17] *Legionnaires' disease the control of legionella bacteria in water systems.* Approved Code of Practice and guidance HSE ed.3rd, November 2000
- [18] *A guide to developing risk management plans for cooling tower systems.* Department of Human Services Public Health Division, November 2001
- [19] *CTI Guidelines WTB-148: Legionellosis. Guideline: Best Practices for Control of Legionella.* Cooling Technology Institute, July 2008

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.