

Bożena Krogulska
Renata Matuszewska
Adam Krogulski
Maciej Szczotko
Marta Bartosik
Dorota Maziarka
Radosław Giziński

WYSTĘPOWANIE BAKTERII Z RODZAJU *LEGIONELLA* W WODZIE TECHNOLOGICZNEJ ORAZ BADANIA OGÓLNEJ LICZBY BAKTERII I GRZYBÓW W POWIETRZU NA STANOWISKACH PRACY, NA KTÓRYCH GENEROWANY JEST AEROSOL WODNY

OCCURRENCE OF *LEGIONELLA* IN TECHNOLOGICAL WATER AND STUDIES OF THE TOTAL NUMBER OF BACTERIA AND FUNGI IN INDOOR AIR AT WORKPLACES WHERE WATER AEROSOL IS GENERATED

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny / National Institute of Public Health – National Institute of Hygiene, Warszawa, Poland
Zakład Higieny Środowiska / Department of Environmental Hygiene

STRESZCZENIE

Wstęp: Celem badań była ocena stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody i powietrza oraz ocena warunków sprzyjających rozwojowi mikroorganizmów, w tym pałeczek *Legionella*, w urządzeniach technologicznych. **Materiał i metody:** Badania mikrobiologiczne wody i powietrza przeprowadzono w 8 zakładach mechanicznej obróbki szkła. Łącznie pobrano 81 próbek wody z urządzeń wytwarzających aerosol wodny na stanowiskach pracy. W próbkach wody oznaczano pałeczki *Legionella* według PN-EN ISO 11731-2:2008E oraz ogólną liczbę mikroorganizmów według PN-EN ISO 6222:2004P. W próbkach powietrza, pobieranych metodą zderzeniową, oznaczano ogólną liczbę bakterii i grzybów. **Wyniki:** Badania wody technologicznej wykazały obecność pałeczek *Legionella* w 27,2% pobranych próbek wody. Bakterie te były obecne w próbkach wody pobranych zarówno z otwartych, jak i zamkniętych zbiorników wody technologicznej, a ich liczba wynosiła od 10 jtk/100 ml do $2,9 \times 10^4$ jtk/100 ml. Liczba towarzyszących im innych bakterii przekraczała 10^3 jtk/ml. We wszystkich próbkach *Legionella*-pozytywnych wyizolowane szczepy bakterii oznaczono, jako *L. pneumophila* sg 2–14. W 5 z 8 zakładów zaobserwowano wzrost ogólnej liczby bakterii i grzybów w powietrzu badanym w bezpośredniej bliskości źródła aerosolu. **Wnioski:** Zanieczyszczona mikrobiologicznie woda technologiczna, szczególnie bakteriami z rodzaju *Legionella*, stanowi realne zagrożenie dla zdrowia pracowników obsługujących urządzenia wytwarzające aerosol wodny. W celu obniżenia ryzyka infekcji wśród narażonych pracowników należy wprowadzić monitoring jakości wody technologicznej oraz procedury czyszczenia i dezynfekcji urządzeń generujących aerosol. Med. Pr. 2014;65(3):325–334

Słowa kluczowe: stanowiska pracy, zagrożenia biologiczne, woda technologiczna, aerosol wodny, powietrze, *Legionella*

ABSTRACT

Background: The aim of the study was to confirm the fact that technological water is a significant carrier of *Legionella*, a potential serious threat to the health of operators of mechanical devices generating contaminated water aerosol. **Material and Methods:** Microbiological analyses of water and indoor air were conducted in 8 different production facilities involved in mechanical processing of glass. The study covered 81 samples of water collected from technical water systems. Isolation of *Legionella* and the determination of total number of microorganisms were processed according to PN-EN ISO 11731-2:2008E and PN-EN ISO 6222:2004P, respectively. Air samples were collected using air samplers and total numbers of bacteria and fungi were determined. **Results:** The studies of process water, indicated the presence of *Legionella* in 27.2% of collected samples. These bacteria were present in both closed and open process water reservoirs at 10 cfu/100 ml to 2.9×10^4 cfu/100 ml. The count of other associated bacteria exceeded 10^3 cfu/ml. All strains isolated from *Legionella*-positive samples were identified as *L. pneumophila* SG 2–14. In 5 of 8 studied production facilities an increased total number of aerial bacteria and fungi was observed in samples collected in close vicinity of aerosol source. **Conclusions:** To reduce the number of microorganisms in water it is required to introduce technological water quality monitoring and procedures for the cleaning and disinfecting of mechanical devices generating water aerosol. Med Pr 2014;65(3):325–334

Key words: workplaces, biological hazard, technological water, water aerosol, indoor air, *Legionella*

Autorka do korespondencji / Corresponding author: Bożena Krogulska, Zakład Higieny Środowiska, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, ul. Chocimska 24, 01-791 Warszawa, e-mail: bkrogulska@pzh.gov.pl
Nadesłano: 22 stycznia 2014, zatwierdzono: 6 maja 2014

WSTĘP

W zakładach przemysłowych mechanicznej obróbki szkła systemy wody technologicznej mogą być zasiedlane przez liczne mikroorganizmy, w tym bakterie z rodzaju *Legionella*. Bakterie te zostały zaklasyfikowane do grupy 2. zagrożenia w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (1). Wstępna analiza rozpoznawcza, przeprowadzona przez autorów niniejszej publikacji w tych zakładach w 2011 r., wykazała, że w urządzeniach zasilanych wodą, na liniach technologicznych do obróbki i mycia szkła (myjki, szlifierki, a także zbiorniki do magazynowania wody) występują sprzyjające warunki do namnażania się mikroorganizmów (2). Występowaniu zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody, w tym pałeczkami *Legionella*, sprzyja m.in. obecność biofilmu, osadów, korozja, niskie stężenia środków dezynfekcyjnych, zastój oraz temperatura wody w zakresie 25,4–42,5°C (3–5).

Wstępne badania mikrobiologiczne wody technologicznej/chłodniczej w jednym z wybranych zakładów wykazały zarówno wysoką ogólną liczbę bakterii (10^3 – 10^5 jtk/ml), jak i obecność *Legionella pneumophila* (10^3 – 10^4 jtk/100 ml). Również wyniki badań powietrza na tych stanowiskach sugerowały, że źródłem jego skażenia mogą być mikroorganizmy obecne w wodzie technologicznej/chłodniczej (2). W pobliżu urządzeń stosowanych do obróbki szkła odnotowano bowiem stosunkowo wysokie stężenia bakterii i grzybów (ok. 10^3 jtk/m³), co mogło mieć wpływ na zdrowie pracowników (2).

Przeprowadzone badania ankietowe pracowników zatrudnionych bezpośrednio przy produkcji wykazały znaczny odsetek osób uskarżających się na dolegliwości ze strony układu oddechowego (2). Występowanie ostrych dolegliwości w roku poprzedzającym badanie zgłosiło 28,3% badanych, natomiast dolegliwości o charakterze przewlekłym odnotowano u 29% osób. W przypadku dolegliwości ostrych były wymieniane objawy, które mogą nasuwać podejrzenie zapalenia płuc. Również inni autorzy przedstawiają w swoich pracach dane dotyczące narażenia pracowników, które wynika z obecności wysokiego stężenia drobnoustrojów w powietrzu pomieszczeń (6–8).

Celem przeprowadzonych badań była ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody i powietrza oraz ocena warunków sprzyjających rozwojowi mikroorganizmów, w tym pałeczek *Legionella*, w urządzeniach technologicznych wytwarzających aerosol wodny na

stanowiskach pracy. Uzyskane wyniki badań pozwolą odpowiedzieć na pytanie, czy istnieje ryzyko narażenia zdrowia osób przebywających w pobliżu urządzeń generujących skażony aerosol. Będą one też podstawą do opracowania zaleceń dotyczących zasad kontroli jakości mikrobiologicznej wody i powietrza na stanowiskach pracy oraz działań zapobiegawczych.

MATERIAŁ I METODY

Badania poziomu zanieczyszczeń mikrobiologicznych wody

Próbki wody do badań (1000 ml) pobierano zgodnie z PN-EN ISO 19458:2007P ze zbiorników związanych z urządzeniami wytwarzającymi aerosol wodny oraz bezpośrednio na liniach technologicznych (9). W punktach pobierania próbek wykonywano pomiar temperatury wody termometrem z zewnętrzną sondą (prod. Hanna Instruments USA). Badanie wody w kierunku bakterii z rodzaju *Legionella* przebiegało zgodnie z normą PN-EN ISO 11731-2:2008E (10).

Badania prowadzono metodą filtracji membranowej, z każdej próbki sączono porcje wody o objętości 1 ml, 10 ml, 100 ml i 500 ml. W celu zredukowania mikroflory towarzyszącej stosowano bufor o pH = 2,2, zalewając filtr membranowy na 5–10 min. Następnie filtr umieszczano na podłożu namnażająco-wybiórczym GVPC (prod. Oxoid, Wielka Brytania). Płytki z posiewami inkubowano w temperaturze 36±2°C, obserwacje wzrostu kolonii prowadzono codziennie. Ostateczne wyniki odczytywano 7 dnia inkubacji.

Badania potwierdzające przynależność wyizolowanych bakterii do rodzaju *Legionella* prowadzono na podłożu BCYE bez cysteiny (brak wzrostu), a identyfikację w kierunku oznaczenia gatunku i serogrupy pałeczek *Legionella* przy użyciu testu lateksowego *Legionella* Latex Test (prod. Oxoid). W próbkach wody technologicznej oznaczano również ogólną liczbę bakterii wyrosłych po 48 godz. inkubacji na agarze odżywczym w temperaturze 30°C według PN-EN ISO 6222:2004P (11). Wskaźnik ten dostarcza ogólnej informacji o jakości wody. Może być pomocnym narzędziem m.in. w przypadku kontroli procesów czyszczenia i dezynfekcji oraz wskazywać na istnienie czynników sprzyjających występowaniu bakterii patogennych, takich jak pałeczki *Legionella*.

Badania poziomu zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza

Badania ogólnej liczby bakterii i ogólnej liczby grzybów w powietrzu prowadzono w pobliżu źródła aerosolu

wodnego. Pomiar kontrolny (pomiar tła) wykonano w odległości powyżej 20 m od źródła. Badania i pomiary kontrolne przeprowadzono metodą zderzeniową według procedury własnej PB-01-LHK/M, opartej na pomiarach mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza prowadzonych z wykorzystaniem mikrobiologicznych próbników jednogłowicowych Micro Bio (Air sampler MB 1 plus, prod. De Ville, Wielka Brytania), MAS-100 i MAS-100 Eco (prod. Merck, Niemcy) i dwugłowicowego SAS Duo Super 360 (prod. PBI, Włochy) (12).

W każdym punkcie pomiarowym – w pobliżu urządzeń, w miejscach, w których wydostawał się z nich widoczny aerozol wodny – umieszczano próbnik SAS Duo (2-głowicowy) lub 2 inne aparaty (1-głowicowe). Każdorazowo pobierano też próbki kontrolne, którymi było powietrze w hali produkcyjnej w punkcie oddalonym o przynajmniej 20 m od źródła. W punkcie pomiarowym pobierano próbki powietrza o objętości 100 l i 300 l. Obecne w nich mikroorganizmy osadzano za pomocą próbników bezpośrednio na płytkę z odpowiednim podłożem. Dla każdej objętości badanie wykonywano w 5 powtórzeniach – na 5 płytkach z odpowiednią pożywką mikrobiologiczną. W każdym punkcie pomiarowym na jedną serię pomiarową składało się 10 powtórzeń próbki powietrza.

Wyniki przedstawiono jako średnią wartość (arithmetic mean – AM) liczby kolonii uzyskanych w kolejnych powtórzeniach. Równocześnie w trakcie pobierania próbek powietrza monitorowano wilgotność względną i temperaturę powietrza za pomocą termohigrometru wyposażonego w sondę HygroClip-S (prod. Lambrecht, Niemcy). W celu oznaczenia liczby grzybów zastosowano pożywkę Malt Extract Agar (Oxoid), a pożywkę Tryptone Soya Agar (Oxoid) stosowano w celu oznaczenia ogólnej liczby bakterii (13,14).

Inkubację płytek z posiewami bakterii prowadzono w temperaturze $30 \pm 1^\circ\text{C}$, odczyt wykonywano po 48 godz. Inkubację płytek z posiewami w kierunku oznaczenia ogólnej liczby grzybów prowadzono w temperaturze $25 \pm 1^\circ\text{C}$, a odczytu dokonywano co 24 godz. w czasie 48–120 godz. inkubacji (12). Do oceny istotności różnic między 2 pomiarami stosowano test t, przyjmując jako poziom istotności $p < 0,05$.

WYNIKI

Przeprowadzone w 8 zakładach pracy badania środowiskowe oraz analiza warunków pracy urządzeń wytwarzających aerozol wodny, z których zostały pobrane próbki wody technologicznej/chłodniczej, potwierdziły

występowanie czynników sprzyjających zanieczyszczeniom mikrobiologicznym. Były to: zastój wody, temperatura, biofilm, brak systematycznych zabiegów czyszczenia i dezynfekcji. W 6 z 8 badanych zakładów ogólna liczba bakterii oznaczanych w próbkach wody technologicznej przekraczała $1,0 \times 10^4$ jtk/ml. Stwierdzony wysoki stopień skażenia wody powyższymi mikroorganizmami pośrednio wskazywał na nieodpowiedni stan sanitarny urządzeń.

W tabeli 1. przedstawiono wyniki badań pomiarów ogólnej liczby bakterii oznaczanych w temperaturze 30°C , w próbkach wody pobranych ze zbiorników otwartych i zamkniętych, zasilających urządzenia technologiczne wytwarzające aerozol wodny. Parametr ten został oznaczony w 60 próbkach wody na 81 pobranych do badań. W tabeli wyróżniono próbki wody, w których równocześnie stwierdzono obecność bakterii z rodzaju *Legionella*.

Tabela 1. Ogólna liczba mikroorganizmów oznaczanych w temperaturze 30°C w próbkach wody technologicznej, pobranych z otwartych i zamkniętych zbiorników*

Table 1. Total count of microorganisms in temperature of 30°C in water samples taken from open and closed processing water reservoirs*

Zakład produkcyjny Production facility	Mikroorganizmy (min.–maks.) w zbiornikach (próbki) [jtk/ml (n)]	
	Microorganisms (min.–max) in reservoirs (samples) [cfu/ml (n)]	
	zbiorniki otwarte open water reservoirs	zbiorniki zamknięte closed water reservoirs
I	$6,0 \times 10^4$–$1,8 \times 10^5$ (3) $1,2 \times 10^4$ – $3,9 \times 10^5$ (2)	$3,7 \times 10^3$–$3,0 \times 10^4$ (4) $4,0 \times 10^3$ (1)
II	$3,6 \times 10^2$ – $7,5 \times 10^4$ (4)	$2,6 \times 10^4$ – $2,3 \times 10^5$ (3)
III	$5,6 \times 10^2$ (1)	$6,2 \times 10^3$ – $1,3 \times 10^4$ (2)
IV	$2,5 \times 10^3$–$1,2 \times 10^5$ (3) 0 – $1,2 \times 10^4$ (2)	$3,6 \times 10^4$–$6,2 \times 10^4$ (3) $7,5 \times 10^3$ – $8,9 \times 10^4$ (3)
V	$5,5 \times 10^4$ (1) $5,7 \times 10^2$ – $6,5 \times 10^4$ (5)	$4,9 \times 10^2$–$3,2 \times 10^3$ (2) $6,9 \times 10^2$ – $1,4 \times 10^6$ (8)
VI	$1,4 \times 10^4$ – $2,4 \times 10^4$ (2)	–
VII	$1,4 \times 10^3$–$2,4 \times 10^4$ (2)	$1,2 \times 10^2$ (1)
VIII	–	$1,3 \times 10^4$–$1,4 \times 10^5$ (2) $2,0 \times 10^4$ – $4,5 \times 10^4$ (6)

* Próbkę wody / Water samples = 60.

min. – minimalna wartość / minimal value, maks. – wartość maksymalna / max – maximal value.

jtk – jednostka tworząca kolonie / cfu – colony forming unit, n – liczba badanych próbek wody / number of test water samples.

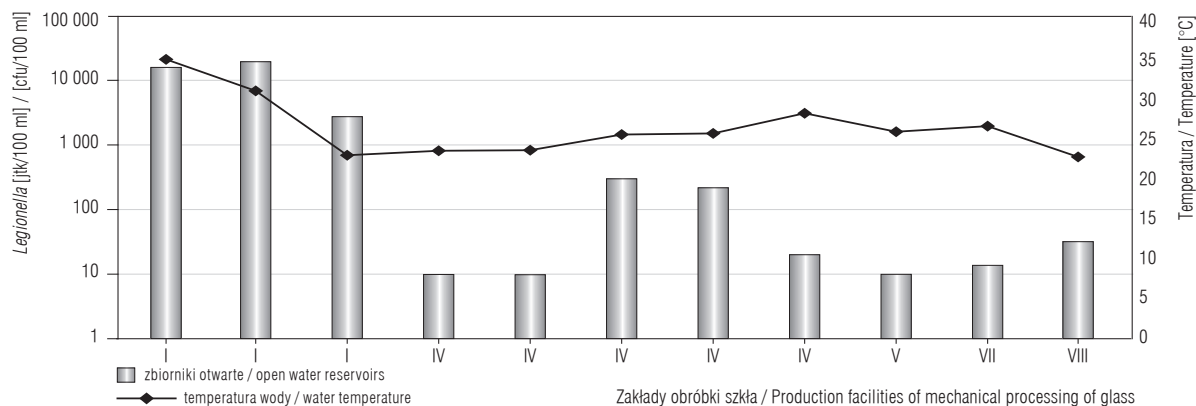
Pogrubione zapisy – obiekty / próbki wody, w których stwierdzono obecność pałeczek *Legionella* / Bold – objects / water samples in which *Legionella* were detected.

Pałeczki *Legionella* wykryto w próbkach wody pobranych w 5 spośród 8 zakładów. Badania wykazały obecność bakterii z rodzaju *Legionella* w 27,2% próbek wody technologicznej/chłodniczej (22 z 81). W przypadku 4 zakładów (oznaczonych I, IV, V, VII) obecność tych bakterii była wykrywana zarówno w próbkach wody pochodzących ze zbiorników otwartych, jak i zamkniętych. Wśród badanych próbek wody próbki zawierające bakterie *Legionella* stanowiły 33,3% próbek pobranych ze zbiorników otwartych oraz 22,9% próbek pobranych ze zbiorników pracujących w systemie zamkniętym. W próbkach wody technologicznej/chłodniczej nie wykryto obecności najbardziej niebezpiecznej *L. pneumophila* sg 1. We wszystkich próbkach *Legionella*-pozytywnych wyizolowane szczepy oznaczono jako *L. pneumophila* sg 2–14.

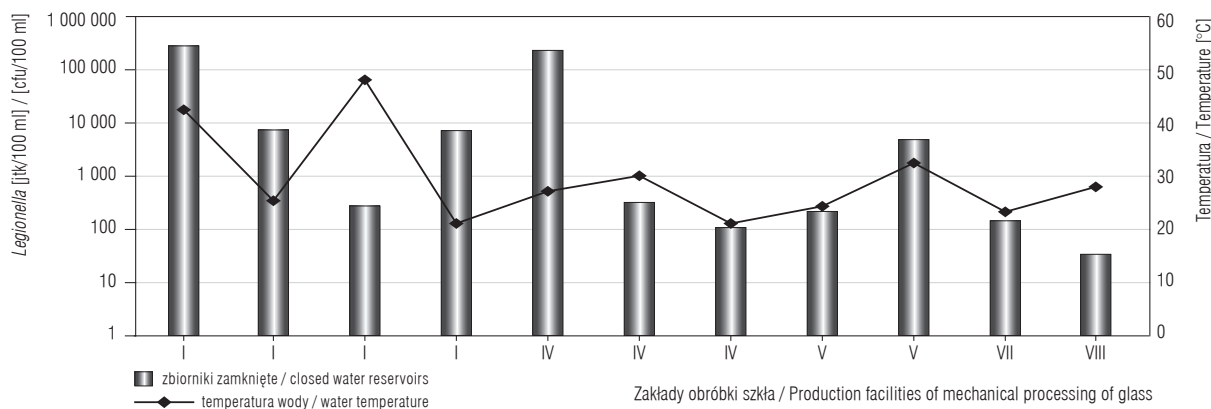
Temperatura próbek wody w większości przypadków mieściła się w zakresie 22,7–34,7°C, co niewątpliwie sprzyjało namnażaniu się mikroorganizmów,

w tym pałeczek *Legionella*. W próbkach wody technologicznej/chłodniczej pobranych w zakładzie nr I oznaczona liczba bakterii z rodzaju *Legionella* wynosiła od $2,8 \times 10^3$ jtk/100 ml do 2×10^4 jtk/100 ml. W zakładzie nr IV liczba tych bakterii była znacznie niższa i wynosiła od 10 jtk/100 ml do 3×10^2 jtk/100 ml. W pozostałych 2 zakładach (V, VII) w badanych próbkach wody odnotowano pojedyncze komórki pałeczek *Legionella*. Wyniki przedstawiono na rycinie 1.

Bakterie z rodzaju *Legionella* były również wykrywane w przypadku systemów ze zbiornikami zamkniętymi, gdzie ryzyko przedostania się zanieczyszczeń mikrobiologicznych z wody do powietrza jest mniejsze. W większości przypadków liczba tych bakterii przekraczała 100 jtk/100 ml. W przypadku urządzeń pracujących w systemie zamkniętym również odnotowano sprzyjającą namnażaniu się mikroorganizmów temperaturę wody, której wartość mieściła się w zakresie 20,9–42,5°C. Wyniki badań przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 1. Bakterie z rodzaju *Legionella* w próbkach wody technologicznej/chłodniczej pobranych ze zbiorników otwartych
Fig. 1. *Legionella* in samples of processing/cooling water taken from open water tanks



Ryc. 2. Bakterie z rodzaju *Legionella* w próbkach wody technologicznej/chłodniczej pobranych ze zbiorników zamkniętych
Fig. 2. *Legionella* in samples of processing/cooling water taken from closed water tanks

We wszystkich 8 zakładach produkcyjnych zostały wykonane również badania mikrobiologicznej czystości powietrza. W każdym z nich wykonywano pomiary w bezpośrednim sąsiedztwie urządzeń generujących aerozol wodny, a także pomiary kontrolne powietrza wewnątrz hali produkcyjnej, w znacznej odległości od źródła aerozolu (> 20 m). Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

W zakładzie I ogólna liczba bakterii w wodzie zasilającej myjkę pionową nr 1 wynosiła $1,9 \times 10^4$ jtk/ml,

a ogólna liczba bakterii i grzybów w powietrzu wynosiła odpowiednio: $1,4 \times 10^3$ jtk/m³ i $5,3 \times 10^2$ jtk/m³ (badanie 1). Powietrze w próbkę kontrolnej zawierało znacznie mniejszą liczbę drobnoustrojów, która wynosiła odpowiednio: $3,1 \times 10^2$ jtk/ml i $3,6 \times 10^2$ jtk/ml. Podobne wyniki uzyskano podczas tego samego badania w pobliżu myjki pionowej nr 2.

Wyraźny wpływ zanieczyszczenia wody zasilającej urządzenia na czystość mikrobiologiczną powietrza

Tabela 2. Stężenie mikroorganizmów w powietrzu w zakładach przemysłowej obróbki szkła w pobliżu urządzeń wytwarzających aerozol wodny^a

Table 2. Microbiological quality of indoor air of production facilities involved in mechanical processing of glass in close vicinity of the water aerosol source^a

Zakład produkcyjny Production facility	Punkt pomiarowy Sampling point	Bakterie (ogółem) [jtk/m ³] Bacteria (total) [cfu/m ³] (N = 36) AM±SD	Grzyby (ogółem) [jtk/m ³] Fungi (total) [cfu/m ³] (N = 36) AM±SD	Wilgotność względna Relative humidity [%]	Temperatura powietrza Temperature of air [°C]
I					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	$3,1 \times 10^2 \pm 57,2$	$3,6 \times 10^2 \pm 57,2$	44,5	22,3
	myjka pozioma / horizontal washer	$2,7 \times 10^2 \pm 18,6$	$4,6 \times 10^2 \pm 13,5$	52,0	22,1
	myjka pionowa 1 / vertical washer 1	$1,4 \times 10^3 \pm 43,0$	$5,3 \times 10^2 \pm 42,7$	50,0	23,4
	myjka pionowa 2 / vertical washer 2	$9,2 \times 10^2 \pm 75,2$	$8,3 \times 10^2 \pm 48,0$	96,4	23,8
badanie 2 / survey 2	K – hala / hall	$5,9 \times 10^2 \pm 122,5$	$6,7 \times 10^2 \pm 86,1$	28,4	22,0
	myjka pionowa 1 / vertical washer 1	$6,1 \times 10^2 \pm 124,9$	$3,6 \times 10^2 \pm 49,8$	36,0–37,0***	23,3
	myjka pionowa 2 / vertical washer 2	$5,4 \times 10^2 \pm 90,1$	$2,7 \times 10^2 \pm 43,6$	35,0–39,5***	23,3
	myjka pionowa 3 / vertical washer 3	$3,8 \times 10^2 \pm 120,5$	$4,7 \times 10^2 \pm 124,0$	28,0–47,5***	22,0
II					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	$3,9 \times 10^2 \pm 72,9$	$4,3 \times 10^2 \pm 34,3$	51,1	19,1
	myjka pionowa 1 / vertical washer 1	$5,6 \times 10^2 \pm 84,2$	$3,8 \times 10^2 \pm 28,0$	50,0	19,7
	myjka pionowa 2 / vertical washer 2	$5,7 \times 10^2 \pm 84,5$	$3,8 \times 10^2 \pm 27,7$	47,0–90,5***	21,5
III					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	$1,6 \times 10^2 \pm 65,0$	$6,0 \times 10^2 \pm 19,3$	52,7	24,3
	myjka pionowa 1 / vertical washer 1	$2,6 \times 10^2 \pm 48,2$	$5,2 \times 10^2 \pm 47,1$	45,0–50,0***	29,0
	myjka pionowa 2 / vertical washer 2	$2,3 \times 10^2 \pm 59,6$	$4,9 \times 10^2 \pm 87,3$	47,5–60,0***	27,5
IV					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	$1,3 \times 10^2 \pm 39,6$	$4,9 \times 10^3 \pm 618,3$	46,4	24,8
	myjka pionowa / vertical washer	$1,1 \times 10^2 \pm 24,7$	$3,1 \times 10^3 \pm 1360,4$	54,8	25,1
	szlifierka pozioma / horizontal grinder	$7,6 \times 10^1 \pm 24,1$	$1,6 \times 10^3 \pm 247,6$	67,5	25,7
badanie 2 / survey 2	K – hala / hall	$6,3 \times 10^1 \pm 16,1$	$1,0 \times 10^3 \pm 96,5$	47,5	26,5
	myjka pionowa / vertical washer	$3,0 \times 10^1 \pm 41,7$	$1,0 \times 10^3 \pm 117,6$	45,0	27,1
	szlifierka pozioma / horizontal grinder	$5,6 \times 10^1 \pm 51,3$	$1,3 \times 10^3 \pm 233,6$	47,5	25,0

Tabela 2. Stężenie mikroorganizmów w powietrzu w zakładach przemysłowej obróbki szkła w pobliżu urządzeń wytwarzających aerozol wodny^a – cd.

Table 2. Microbiological quality of indoor air of production facilities involved in mechanical processing of glass in close vicinity of the water aerosol source^a – cont.

Zakład produkcyjny Production facility	Punkt pomiarowy Sampling point	Bakterie (ogółem) [jtk/m ³] Bacteria (total) [cfu/m ³] (N = 36) AM±SD	Grzyby (ogółem) [jtk/m ³] Fungi (total) [cfu/m ³] (N = 36) AM±SD	Wilgotność względna Relative humidity [%]	Temperatura powietrza Temperature of air [°C]
V					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	1,4×10 ³ ±672,7	3,3×10 ³ ±220,5	47,2	20,2
	myjka pozioma 1 / vertical washer 1	3,8×10 ³ ±271,6	3,1×10 ³ ±629,6	50,3	20,3
	myjka pozioma 2 / vertical washer 2	6,4×10 ² ±96,8	2,1×10 ³ ±366,7	45,0	22,9
	myjka pozioma 3 / vertical washer 3	5,8×10 ² ±314,9	4,5×10 ³ ±13,6	45,2	22,1
	szlifierka pozioma 1 / horizontal grinder 1	6,5×10 ² ±63,6	1,5×10 ³ ±400,8	50,0	20,3
	szlifierka pozioma 2 / horizontal grinder 2	5,6×10 ² ±53,6	2,6×10 ³ ±180,5	74,3	20,0
VI					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	1,1×10 ³ ±202,0	3,2×10 ³ ±355,8	50,0	22,0
	myjka pionowa 1 / vertical washer 1	1,4×10 ³ ±363,9	2,8×10 ³ ±702,5	45,0–80,0***	23,3
	myjka pionowa 2 / vertical washer 2	1,0×10 ³ ±92,8	2,2×10 ³ ±580,6	55,0–83,0***	22,0
VII					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	2,0×10 ² ±38,5	WZ**	49,6	21,9
	szlifierka pozioma / horizontal grinder	2,7×10 ² ±40,7	WZ**	50,2	22,1
VIII					
badanie 1 / survey 1	K – hala / hall	7,8×10 ² ±197,7	7,8×10 ² ±193,3	54,2	21,7
	myjka pionowa 1 / vertical washer 1	9,9×10 ² ±119,4	1,1×10 ³ ±116,1	51,0	23,5
	myjka pionowa 2 / vertical washer 2	2,9×10 ² ±123,4	1,2×10 ³ ±297,6	77,1	21,0
	myjka pionowa 3 / vertical washer 3	2,5×10 ³ ±316,0	1,5×10 ³ ±19,4	55,0–83,0***	24,4
	myjka pionowa 4 / vertical washer 4	9,6×10 ² ±1347,3	1,8×10 ³ ±163,9	45,0–80,0***	23,6

^a Próbkę powietrza / Air samples = 60.

AM – średnia arytmetyczna / arithmetic mean, SD – odchylenie standardowe / standard deviation, n – liczba próbek / number of samples.

K – badanie kontrolne w odległości > 20 m od urządzeń generujących aerozol wewnątrz hali produkcyjnej / control assay-performed over 20 m from devices inside production facility.

* Wartość istotnie wyższa od wartości K (kontrola) (p < 0,05) / Values substantially higher than the K (control) value (p < 0.05).

** Wzrost zlewny (WZ) / Merged growth.

*** Zakres zmian wartości wilgotności podczas pomiarów / Range of changes in humidity values during the measurements.

w ich pobliżu stwierdzono w przypadku urządzeń w zakładzie nr VIII, gdzie w zbiornikach zasilających myjki pionowe rozlokowane na 3 liniach produkcyjnych (nr 1, 3 i 4) ogólna liczba drobnoustrojów wynosiła 10⁴–10⁵ jtk/ml. Szczególnie wysokie stężenie bakterii (2,5×10³ jtk/m³) i grzybów (1,5×10³ jtk/m³) zaobserwowano w próbkach powietrza pobranych w pobliżu myjki pionowej nr 3, podczas gdy ogólna liczba bakterii i ogólna liczba grzybów w próbce kontrolnej była taka sama i wynosiła 7,8×10² jtk/m³.

OMÓWIENIE

Woda technologiczna/chłodnicza może być istotnym źródłem transmisji zanieczyszczeń mikrobiologicznych na stanowiskach pracy w zakładach przemysłowych (15–17). Wiele mikroorganizmów jest w stanie bytować i namnażać się w wodzie o minimalnej zawartości składników mineralnych, jednak niektóre wymagają obecności określonych związków organicznych. Najczęstszymi przyczynami powstawania warunków

sprzyjających namnażaniu się niepożądanych mikroorganizmów są: nieodpowiednia jakość wody, niedoskonałości konstrukcyjne instalacji wodnych, niewłaściwy lub niewystarczający nadzór sanitarno-higieniczny nad urządzeniami i instalacjami wodnymi oraz brak odpowiednich działań zapobiegawczych (5,18).

Do badań przeprowadzonych w zakładach mechanicznej obróbki szkła próbki wody pobierano ze zbiorników otwartych i zamkniętych myjek, szlifierek oraz innych urządzeń pracujących na liniach technologicznych. Woda zasilająca urządzenia pracujące na liniach technologicznych, w zależności od jakości wody doprowadzanej do zakładu (parametrów fizykochemicznych), zazwyczaj była poddawana dodatkowemu uzdatnianiu. W niektórych przypadkach woda po uzdatnieniu nie jest kierowana bezpośrednio do zasilanych nią urządzeń technologicznych (myjki, szlifiereki), lecz wcześniej gromadzona jest w specjalnych zbiornikach.

W przypadku myjek woda doprowadzana jest do zbiornika mycia wstępnego, gdzie jest podgrzewana, a jej temperatura wynosi od 23,9°C do 48°C. W zbiornikach mycia zasadniczego temperatura wody zazwyczaj nie przekracza 30°C. Stwarza to warunki korzystne do namnażania się drobnoustrojów w systemach i instalacjach wodnych. W większości próbek wody technologicznej, pobranych w zakładach mechanicznej obróbki szkła, badania wykazały wysoką ogólną liczbę bakterii (powyżej 10⁴ jtk/ml). Podczas pobierania próbek wody do badań zaobserwowano obecność osadów i korozji. Sprzyja to zanieczyszczeniu mikrobiologicznemu systemów i instalacji wodnych i powstawaniu biofilmu, na co wskazują również inni autorzy (3,16,19).

Powyższe czynniki w znacznym stopniu sprzyjają występowaniu zanieczyszczenia mikrobiologicznego, w tym stwarzają korzystne warunki do namnażania się patogennych pałeczek *Legionella* i zasiedlania przez te bakterie urządzeń generujących aerol wodny (2,15,17). Rolę tych czynników podkreślają również inni badacze, m.in. Petrovova oraz Pagnier i wsp. (16,19). Petrovova zwraca uwagę na specyfikę procesów technologicznych przy obróbce szkła (16). Obieg wody od zbiorników poprzez linie produkcyjne wraz ze zmianami temperatury i stagnacja wody w systemie stwarza idealne warunki do tworzenia biofilmu na powierzchni wewnętrznej systemów wodnych. Biofilm stanowi dla rozwijających się w nim mikroorganizmów, w tym dla pałeczek *Legionella*, doskonałą ochronę przed ekspozycją na wysuszenie oraz działanie środków biobójczych (16,19). Przeżywalność *Legionella* w wodzie technologicznej/chłodniczej znacząco

zależy też od temperatury wody, na co wskazuje również Türetgen (20).

W badaniach przeprowadzonych przez autorów niniejszej publikacji, pałeczki z rodzaju *Legionella* wyizolowano z próbek wody technologicznej, pobranych w 5 z 8 zakładów obróbki szkła. W 3 zakładach występowały one w liczbie przekraczającej 10³ jtk/100 ml, w tym w 2 zakładach w liczbie przekraczającej 10⁴ jtk/100 ml. Znacząca kolonizacja systemów wodnych przez bakterie *Legionella* dotyczyła 37% badanych obiektów, głównie wyposażonych w starsze linie technologiczne. Badania próbek wody technologicznej wykazały obecność pałeczek *Legionella* w 27,2% pobranych próbek. Wśród nich 33,3% stanowiły próbki pobrane ze zbiorników pracujących w systemie otwartym, a 22,9% próbki pobrane z urządzeń pracujących w systemie zamkniętym.

O podobnym (26%) i większym (50%) odsetku próbek *Legionella*-pozytywnych donoszą również inni autorzy, którzy jednocześnie podkreślają istotną rolę występowania czynników stymulujących namnażanie się tych bakterii, takich jak temperatura i obecność innych mikroorganizmów (19,20). We wszystkich próbkach *Legionella*-pozytywnych wyizolowane szczepy oznaczono jako *L. pneumophila* sg 2–14. W próbkach wody pobranych ze zbiorników otwartych liczba tych bakterii wynosiła od 10 jtk/100 ml do 2×10⁴ jtk/100 ml, jednocześnie w większości przypadków oznaczona ogólna liczba bakterii przekraczała 10⁴ jtk/ml. W przypadku tych zbiorników/systemów ryzyko zakażenia pracowników jest większe ze względu na możliwość przedostawania się bakterii *Legionella* wraz z aerolem wodnym do powietrza na stanowiskach pracy.

Liczba pałeczek *Legionella* w próbkach pobranych ze zbiorników zamkniętych wynosiła od 30 jtk/100 ml do 2,9×10⁴ jtk/100 ml, przy czym w tych próbkach ogólna liczba mikroorganizmów była również wysoka i wynosiła ponad 10³ jtk/ml. O podobnym zanieczyszczeniu wody z wież chłodniczych pałeczkami *Legionella* (przekraczającym 10³ jtk/100 ml) donoszą Mouchtouri i wsp. (5). Niektórzy autorzy podkreślają, że zanieczyszczenie wód technologicznych/chłodniczych tymi bakteriami może być zmienne. Jak podają Türetgen i wsp., w zależności od pory roku wykrywana liczba bakterii *Legionella* w próbkach wody mieściła się w zakresie od 85 jtk/100 ml do wartości powyżej 10⁶ jtk/100 ml (20). Ma to związek z okresami przestoju w pracy urządzeń zasilanych wodą oraz z temperaturą samej wody, która może wynosić 4–30°C (16,20).

Wyniki pomiarów ogólnej liczby bakterii i grzybów w próbkach powietrza pobranych w pobliżu urządzeń

generujących aerozol wodny wskazywały na zanieczyszczenie powietrza przez te drobnoustroje, jednak miało to miejsce tylko w najbliższym otoczeniu pracujących urządzeń. Wyraźny wpływ skażenia mikrobiologicznego wody w zbiornikach zasilających urządzenia na wzrost liczby mikroorganizmów w powietrzu zaobserwowano w przypadku 2 zakładów – oznaczonych jako I i VIII. W pozostałych zakładach zaobserwowane zmiany liczby drobnoustrojów w powietrzu nie odbiegały od wyników oznaczeń prowadzonych w odległości ponad 20 m od urządzeń.

Pomiary wilgotności wykonywane w trakcie badań powietrza wskazywały na zjawisko pulsacyjnego uwalniania się aerozolu wodnego w pobliżu urządzeń. Częstym zjawiskiem był wzrost wilgotności do 90% w ciągu kilku sekund po wyrzucie bioaerozolu i jej szybki spadek do wartości wyjściowej. Wzrost wysycenia powietrza parą wodną chroni komórki drobnoustrojów obecnych w powietrzu przed wysychaniem, a tym samym wydłuża czas ich przeżycia. Zmiany wilgotności obserwowano jedynie w bezpośrednim otoczeniu myjek pionowych (odległość < 1 m). Istotne jest to, że pracownicy obsługujący linie produkcyjne, w których skład wchodziły opisane myjki pionowe, znajdowali się w obszarze poniżej 1 m od miejsca uwalniania aerozolu wodnego, ponieważ w takiej odległości umieszczone były panele sterujące myjek. Mogło to nieść za sobą bezpośrednie narażenie zdrowia pracowników (22,23). W żadnym z badanych zakładów pracownicy zatrudnieni na tych stanowiskach nie stosowali osobistych środków ochrony dróg oddechowych, np. masek.

Wokół szlifierek oraz myjek poziomych ze względu na ich konstrukcję i sposób pracy nie obserwowano powstawania bioaerozolu ani wzrostu wilgotności względnej powietrza. Procesy technologiczne prowadzone w zakładach mechanicznej obróbki szkła, takie jak ciśnieniowe mycie tafli szkła lub natryski po procesie szlifowania, powodowały wyrzut do powietrza przede wszystkim dużych kropeł wody, których średnica wielokrotnie przekraczała frakcję respirabilną. Krople te nie powinny się przedostawać do płuc i oskrzeli pracowników. Pomiary temperatury powietrza prowadzone w trakcie badań wykazały jej niewielki wzrost w pobliżu niektórych z badanych urządzeń w odniesieniu do kontrolnych punktów pomiarowych. Wzrost spowodowany mógł być generowaniem ciepła przez pracujące urządzenia mechaniczne.

Przedstawione wyniki badań mikrobiologicznych wody i powietrza jednoznacznie wskazują na istnienie realnego zagrożenia zdrowia – drogą wziewną – pracowników obsługujących urządzenia wytwarzające

skażony aerozol wodny (2). Wniosek ten jest szczególnie zasadny w powiązaniu z wynikami badań ankietowych, jakie zostały wykonane w pierwszym etapie niniejszego projektu w 2011 r. Wykazały one znacząco częstsze występowanie niektórych objawów dolegliwości ze strony układu oddechowego u osób wykonujących pracę w bezpośredniej bliskości źródła aerozolu wodnego w porównaniu z grupą osób pracujących w odległości powyżej 20 m od źródła aerozolu. W grupie osób bezpośrednio narażonych na wdychanie aerozolu wodnego częściej występował także długotrwały kaszel i nawracający ból w klatce piersiowej.

W świetle powyższych danych – wobec stwierdzonego jednocześnie znacznego poziomu skażenia wody technologicznej w 1/3 badanych zakładów – ryzyko zakażenia drogą inhalacyjną należy ocenić jako znaczące. Stwierdzone w przeprowadzonych badaniach częste przypadki skażenia wody technologicznej bakteriami z rodzaju *Legionella* sprawia, że warto uwzględnić możliwe zakażenie tymi mikroorganizmami w diagnostyce osób narażonych na inhalacje aerozolu wodnego, zatrudnionych w bezpośredniej bliskości jego źródła. W przypadku wystąpienia u nich zespołu ostrych dolegliwości ze strony układu oddechowego lub/oraz rozlanych bólów mięśni i stawów oraz podwyższonej ciepłoty ciała zalecane byłoby kierowanie pracowników na serologiczne badania diagnostyczne, takie jak obecność antygeny pałeczek *Legionella* w moczu lub poziomu przeciwciał dla *Legionella pneumophila* w surowicy krwi.

Ze względu na ryzyko zasiedlania urządzeń i systemów wody technologicznej/chłodniczej przez różne mikroorganizmy, w tym pałeczki *Legionella*, oraz realne zagrożenie zakażeniem dla ludzi niezmiernie ważna jest kontrola i monitoring czynników sprzyjających występowaniu i namnażaniu tych bakterii. Na konieczność tych działań wskazują liczni autorzy (16,18,20,24,26,27). Ważne jest też prowadzenie okresowego monitoringu mikrobiologicznej jakości wody zasilającej urządzenia generujące aerozol wodny, w jego zakres powinno wchodzić również badanie ogólnej liczby mikroorganizmów oraz oznaczanie obecności i liczby bakterii z rodzaju *Legionella*. W celu zmniejszenia zagrożenia przez wytwarzany bioaerozol niezbędne jest zredukowanie liczby mikroorganizmów w wodzie technologicznej. Konieczne jest wprowadzenie harmonogramu czyszczenia i dezynfekcji zbiorników wody lub płynów chłodniczych, a także instalacji przyłączeniowych i urządzeń generujących aerozol wodny.

W niektórych krajach opracowano zalecenia dotyczące przeciwdziałania kolonizacji systemów wodnych

przez drobnoustroje, w tym przez patogenne pałeczki *Legionella* (21,26,27). W Polsce do chwili obecnej nie ma uregulowań prawnych, które ograniczałyby narażenie ludzi na choroby układu oddechowego związane z wdychaniem skażonego aerozolu wodnego generowanego przez urządzenia na stanowiskach pracy. Brakuje również jakichkolwiek zaleceń dotyczących monitorowania wody i utrzymania w należytym stanie sanitarno-higienicznym systemów uwalniających bioaerazol do atmosfery, np. wież chłodniczych.

W wytycznych Światowej Organizacji Zdrowia (World Health Organization – WHO) oraz zaleceniach Europejskiej Grupy Roboczej ds. Zakażeń *Legionella* (European Working Group for *Legionella* Infections – EWGLI) zwrócono uwagę na systemy wód chłodniczych, natomiast nie poruszono problemu urządzeń wytwarzających aerazol wodny na stanowiskach pracy w zakładach przemysłowych (21,25). Według tych dokumentów systemy wód chłodniczych powinny być poddawane gruntownemu czyszczeniu i dezynfekcji przynajmniej 2 razy w roku, a raz w tygodniu powinna być przeprowadzona kontrola zapachu rozpylanej wody, kumulacji osadów i stopnia korozji urządzeń (21,25). Badania w kierunku oznaczania ogólnej liczby mikroorganizmów powinny być wykonywane raz w tygodniu, a w kierunku wykrywania pałeczek *Legionella* – raz na kwartał (21).

WNIOSKI

1. Stwierdzenie obecności bakterii z rodzaju *Legionella* w 27,2% zbadanych próbek wody technologicznej oraz wysokiej ogólnej liczby mikroorganizmów potwierdza obecność szkodliwych czynników biologicznych, które stanowią realne zagrożenie dla zdrowia osób obsługujących urządzenia wytwarzające aerazol wodny.
2. W celu zmniejszenia ryzyka infekcji u pracowników należy przede wszystkim obniżyć stężenie mikroorganizmów występujących w wodzie i wyeliminować bakterie z rodzaju *Legionella* z wody będącej źródłem aerozolu.
3. Ze względu na niewielki obszar, w którym utrzymuje się aerazol, ryzyko infekcji można obniżyć, montując panel sterowania niektórych urządzeń (np. myjek) w większej odległości od miejsca wydostawania się z nich aerozolu. Można też zalecić stosowanie masek chroniących układ oddechowy osobom pracującym w bezpośredniej bliskości urządzeń wytwarzających aerazol wodny.

PIŚMIENNICTWO

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. DzU z 2005 r. nr 81, poz. 716 z późn. zm.
2. Krogulska B., Matuszewska R., Bartosik M., Krogulski A., Szczotko M., Maziarka D.: Analiza występowania dolegliwości i objawów ze strony układu oddechowego u osób zatrudnionych w przemyśle na stanowiskach pracy generujących aerazol wodny oraz badania pilotażowe jakości mikrobiologicznej powietrza i wody technologicznej. Med. Pr. 2013;64(1):47–55, <http://dx.doi.org/10.13075/mp.5893/2013/0006>
3. Kusnetsov J.M., Martikainen P.J., Jousimies-Somer H.R., Väisänen M.-L., Tulkki A.I., Ahonen H.E. i wsp.: Physical, chemical and microbiological water characteristics associated with the occurrence of *Legionella* in cooling tower systems. Water Res. 1993;27(1):85–90, [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(93\)90198-Q](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(93)90198-Q)
4. Türetgen I., Cotuk A.: Monitoring of biofilm-associated *L. pneumophila* on different substrata in model cooling tower system. Environ. Monit. Assess. 2007;125(1–3): 271–279, <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-006-9519-8>
5. Mouchtouri V.A., Goutziana G., Kremastinou J., Hadjichristodoulou C.: *Legionella* species colonization in cooling towers: Risk factors and assessment of control measures. Am. J. Infect. Control. 2010;38(1):50–55, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2009.04.285>
6. Gołofit-Szymczak M., Skowroń J.: Zagrożenia mikrobiologiczne w pomieszczeniach biurowych. Bezp. Pr. Nauk. Prakt. 2005;3:29–31
7. Gutarowska B., Piotrowska M.: Zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza na stanowiskach pracy w garbarni. Ekol. Tech. 2008;16(5):224–228
8. Jo W.-K., Kang J.-H.: Workplace exposure to bioaerosols in pet shop, pet clinics and flower garden. Chemosphere 2006;65(10):1755–1761, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.068>
9. PN-EN ISO 19458P. Jakość wody – Pobieranie próbek do analiz mikrobiologicznych. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2007
10. PN-EN ISO 11731-2E. Jakość wody – Wykrywanie i oznaczanie ilościowe bakterii z rodzaju *Legionella* – Część 2 – Metoda filtracji membranowej dla wód o małej liczbie bakterii. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2008
11. PN-EN ISO 6222P. Jakość wody – Oznaczanie ilościowe mikroorganizmów zdolnych do wzrostu – Określanie

- ogólnej liczby kolonii metodą posiewu na agarze odżywcym. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004
12. Krogulski A.: Procedura badawcza PB-01-LHK/M. Oznaczanie ilościowe mikroorganizmów (bakterii, grzybów) metodą zderzeniową [materiały niepublikowane]. Wyd. 4. NIZP-PZH, Warszawa 2012
 13. Krogulski A., Podsiadły T.: Metody oznaczania ogólnej liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym i wewnątrz pomieszczeń. Rocz. Państw. Zakł. Hig. 2006;57(1):1-7
 14. Krogulski A., Podsiadły T.: Oznaczanie ogólnej liczby grzybów w powietrzu atmosferycznym i wewnątrz pomieszczeń. Rocz. Państw. Zakł. Hig. 2003;54(4):383-392
 15. Matuszewska R., Krogulska B.: Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* w obiegach wód chłodniczych. Rocz. Państw. Zakł. Hig. 2008;59(4):445-454
 16. Petrovova M.: Microbiological findings of *Legionellae* in the manufacture of flat glass: health risk assessment. Ceramics – Silikáty 2012;56(4):352-359
 17. Matuszewska R., Krogulska B.: Zagrożenie zdrowia ludzi związane z zakażeniem wód urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych bakteriami z rodzaju *Legionella*. Med. Środ. 2002;5:13
 18. Walser S.M., Gerstner D.G., Brenner B., Höller C., Liebl B., Herr C.E.: Assessing the environmental health relevance of cooling towers – A systematic review of legionellosis outbreaks. Int. J. Hyg. Environ. Health. 2014;217(2-3): 145-154, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.08.002>
 19. Pagnier I., Merchat M., La Scola B.: Potentially pathogenic amoeba-associated microorganisms in cooling towers and their control. Future Microbiol. 2009;4(5): 615-629, <http://dx.doi.org/10.2217/fmb.09.25>
 20. Türetgen I., Sungur E.I., Cotuk A.: Enumeration of *Legionella pneumophila* in cooling tower water systems. Environ. Monit. Assess. 2005;100(1-3):53-58, <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-005-7058-3>
 21. European Working Group for *Legionella* Infections: EWGLI technical guidelines for the investigation, control and prevention of travel associated Legionnaires' disease. EWGLI 2011 [cytowany 29 stycznia 2014]. Adres: <http://ecdc.europa.eu/en/activities/surveillance/eldsnet/documents/ewgli-technical-guidelines.pdf>
 22. Pastuszka J.S., Paw U.K.T., Lis D.O., Wlazło A., Ulfig K.: Bacterial and fungal in indoor environment in upper Silesia, Poland. Atmos. Environ. 2000;34(22):3833-3842, [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00527-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00527-0)
 23. Gregova G., Venglovsky J., Vargova M., Ondrasovicova O., Ondrasovic M., Sasakova N. i wsp.: Bioaerosols produced by wastewater treatment plant. Folia Vet. 2008;52(2):59-61
 24. Fujii J., Yoshida S.: *Legionella* infection and control in occupational and environmental health. Rev. Environ. Health 1998;13(4):179-203, <http://dx.doi.org/10.1515/REVEH.1998.13.4.179>
 25. World Health Organization: *Legionella* and the prevention of legionellosis. WHO, Geneva 2007
 26. Bentham R.H.: Routine sampling and the control of *Legionella* spp. in cooling tower water systems. Curr. Microbiol. 2000;41(4):271-275, <http://dx.doi.org/10.1007/s002840010133>
 27. Cooling Technology Institute: Legionellosis. Guideline: Best practices for control of *Legionella*. Cooling Technology Institute, 2008

Finansowanie / Funding: 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.

Zezwala się na korzystanie z artykułu „Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* w wodzie technologicznej oraz badania ogólnej liczby bakterii i grzybów w powietrzu na stanowiskach pracy, na których generowany jest aerozol wodny” na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne 3.0 (znanej również jako CC-BY-NC), dostępnej pod adresem <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/pl/> lub innej wersji językowej tej licencji lub którejkolwiek późniejszej wersji tej licencji, opublikowanej przez organizację Creative Commons / The use of the article „Occurrence of *Legionella* in technological water and studies of the total number of bacteria and fungi in indoor air at workplaces where water aerosol is generated” is permitted under license conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 (also known as CC-BY-NC), available at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/pl/> or another language version of this license or any later version of this license published by Creative Commons.