

OCENA JAKOŚCI WODY W BUDYNKU EDUKACYJNYM NA PODSTAWIE WYSTĘPOWANIA BAKTERII Z RODZAJU *LEGIONELLA*

Amelia Staszowska¹

¹ Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, e-mail: a.staszowska@pollub.pl

STRESZCZENIE

Bakterie z rodzaju *Legionella* są uznawane za jedne z groźniejszych przenoszonych drogą wodną organizmów chorobotwórczych, które wywołują ciężkie schorzenia układu oddechowego. Celem niniejszej pracy była ocena jakości wody w budynku edukacyjnym na podstawie występowania bakterii z rodzaju *Legionella* oraz wartości parametrów fizyko-chemicznych wody zimnej i ciepłej wody użytkowej. Próbkę wody zimnej i ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) pobierano do badań z 10 punktów czerpalnych w trzech seriach pomiarowych w okresie pięciu miesięcy. W badanych próbkach analizowano podstawowe parametry fizyko-chemiczne jakości wody tj. pH, przewodnictwo, temperatura, twardość, zasadowość, zawartość węgla ogólnego i nieorganicznego, stężenie azotanów(V), chlorków i siarczanów a także stężenie wapnia, magnezu, żelaza, manganu i cynku. Metodą hodowlaną oznaczano bakterie z rodzaju *Legionella*. Jakość wody instalacyjnej nie budziła zastrzeżeń i spełniała kryteria zawarte w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Zdrowia (Dz.U. 2015, poz. 1989). Jedynie temperatura wody zasilającej i powrotnej w instalacji c.w.u. nie spełniała obowiązujących przepisów, gdyż była niższa niż wymagana. Spośród przeprowadzonych trzech serii badawczych na przestrzeni 5 miesięcy, bakterie z rodzaju *Legionella* zostały wykryte jedynie w trakcie serii nr 1 w 80% próbkach c.w.u. Stopień skolonizowania instalacji określono jako wysoki do bardzo wysokiego. W próbkach wody nie wykryto obecności najbardziej niebezpiecznej *L. pneumophila* sg 1. We wszystkich próbkach *Legionella* – pozytywne wykryto szczepy oznaczane jako *L. pneumophila* sg 2–14. Wymagało to podjęcia działań naprawczych w postaci dezynfekcji termicznej instalacji. Jej skuteczność potwierdziły wyniki badań w kolejnych seriach nr 2 i 3.

Słowa kluczowe: *Legionella* sp., instalacje wodne, jakość wody instalacyjnej, budynki edukacyjne

ASSESSMENT OF INSTALLATION WATER QUALITY IN AN EDUCATIONAL BUILDING ON THE BASIS OF *LEGIONELLA* SP. CONCENTRATION

ABSTRACT

Legionella are known as one of the dangerous water-borne pathogens, causing severe respiratory tract infections. The aim of this study was to assess the installation water quality in an educational building located in Lublin on the basis of *Legionella* sp. concentration and physicochemical parameters of cold and hot installation water. Samples (n=60) of cold and hot water were collected for testing from the 10 tapping points during three surveys over a period of five months. The test samples were analyzed for the basic physicochemical parameters of the water quality such as pH, electrical conductivity, temperature, hardness, alkalinity, the total carbon content, the concentration of nitrates, chlorides and sulphates. Additionally, the concentration of calcium, magnesium, iron, manganese and zinc were examined. The presence of *Legionella* in water samples was measured according the standard methods. The quality of the analyzed water did not raise objections and met the criteria of the Ordinance of the Polish Ministry of Health (2015, pos.1989). The only parameter which did not comply with applicable regulations was the temperature of the supply water and return hot water – it was lower than required. Bacteria of the genus *Legionella* were detected only in the hot water samples from series 1 when the rate of colonization reached the level of 80%. Among the positive samples, 2 contained less than 1000 CFU/100 ml, 4 samples contained 1×10^3 to 1×10^4 CFU/100 ml, and 2 samples contained more than 1×10^4 CFU/100 ml. The maximum number of CFU in a sample was 1.8×10^4 /100 ml. The most dangerous serogroup *L. pneumophila* sg 1 was not detected in any of the positive isolated samples. All *Legionella* – positive samples belonged to *L. pneumophila* sg 2–14. These findings necessitated a corrective action in the form of thermal disinfection system and its maintenance. Its effectiveness was confirmed by the results of the survey of 2 and 3.

Keywords: *Legionella* sp., water installations, water quality, educational buildings

WSTĘP

Bakterie z rodzaju *Legionella* sp. to tlenowe Gram-ujemne pałeczki szeroko rozpowszechnione w przyrodzie. Naturalnym miejscem ich bytowania są cieki wodne, wody termalne oraz gleba [Mathys i in., 2008]. Dogodne warunki do szybkiego, niekontrolowanego rozwoju i zasiedlenia znajdują w instalacjach wodociągowych, szczególnie w instalacji ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) [Kirschner, 2016; Wolski i Kaiser, 2009]. Występują również w różnego typu urządzeniach, które służą do jej przygotowania, obróbki a także w urządzeniach wytwarzających aerozol wodny na potrzeby np. instalacji klimatyzacyjnych [Barna i in., 2016; Pawełek i Bergel, 2009]. Bakterie *Legionella* sp. spotykane są również w instalacji wody zimnej, w której na skutek długich przerw w zużyciu wody lub niewłaściwej izolacji rurociągów c.w.u. może dochodzić do zjawiska samoogrzewania się zładu. Zatem, niższa temperatura instalacyjnej wody zimnej nie wyklucza obecności tych organizmów a jedynie może być czynnikiem zmniejszającym ryzyko ich gwałtownego namnażania [Żak i Zaborowski, 2001]. Przyjmuje się, że bakterie te w środowisku naturalnym nie stanowią zagrożenia zdrowotnego. Jednak ich niekontrolowany rozwój w instalacjach budynków może zagrażać zdrowiu a nawet życiu użytkowników pomieszczeń. Zakażenie pałeczkami bakterii z rodzaju *Legionella* ma miejsce drogą wziewną, na wskutek wdychania rozproszonego bioaerozolu o średnicy mniejszej od 5 μm [Pancer, 2009]. Szczególnie narażone na zakażenia są osoby o obniżonej odporności i cierpiące na schorzenia układu oddechowego. Obecnie nie jest znana wartość dawki infekcyjnej bakterii *Legionella*. Przyjmuje się, że przy wartości stężenia aerozolu bakteryjnego w zakresie 10^3 – 10^5 jtk/ml mogą występować sporadyczne zachorowania na legionelozę. O niebezpieczeństwie wybuchu epidemii można mówić przy stężeniach powyżej 10^5 jtk/ml [Palusińska-Szyszk i Drożański, 2006]. Zachorowania wywołane przez bakterie z rodzaju *Legionella* mają postać grypopodobnych infekcji co często wpływa na pomyłki diagnostyczne i zaniżanie statystyk zachorowalności. Około 20% z takich zachorowań kończy się zgonem pacjenta [Costa i in., 2010]. Biorąc pod uwagę powszechne zasiedlenie przez pałeczki *Legionella* instalacji wodnych oraz potencjalne zagrożenie zakażeniem wśród użytkowników budynków, prowadzenie badań monitoringowych w kierunku oceny stanu instalacji wodnych, jakości wody

instalacyjnej oraz jej czystości mikrobiologicznej jest uzasadnione i podlega uregulowaniom prawnym od 1.01.2008 roku a rejestracja zakażeń od 1.01.2002. Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi [Dz. U. 2015, poz. 1989, Załącznik Nr 1, pkt. E], kontroli w zakresie stopnia skażenia systemów wodnych oraz działań zmierzających do ograniczenia występowania i namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach ciepłej wody użytkowej podlegają budynki zamieszkania zbiorowego i przedsiębiorstwa podmiotu wykonującego działalność leczniczą. Pomimo, że budynki edukacyjne nie należą do żadnej z wymienionych kategorii, mając na uwadze rozległość instalacji wodociągowych w tego typu obiektach i ilość osób w nich przebywających, badania w kierunku występowania *Legionella* są uzasadnione i potrzebne. Celem pracy była ocena jakości wody w budynku edukacyjnym na podstawie występowania bakterii z rodzaju *Legionella* oraz wartości parametrów fizyko-chemicznych wody zimnej i ciepłej wody użytkowej.

MATERIAŁY I METODY

Opis obiektu badań

Badanie występowania bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacji wodociągowej (zimnej i ciepłej wody użytkowej) przeprowadzono na terenie budynku edukacyjnego zlokalizowanego w Lublinie, Polska. W budynku zatrudnionych jest około 70 pracowników dydaktycznych i uczy się około 600 uczniów. Instalacja wody zimnej doprowadza wodę do wszystkich przyborów sanitarnych zlokalizowanych na pięciu kondygnacjach budynku. Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest w kotłowni gazowej wbudowanej. Stałą dostawę c.w.u. o wymaganej temperaturze zapewnia instalacja cyrkulacyjna. Piony i przewody rozprowadzające instalacji wodociągowej wykonane są z rur stalowych ocynkowanych. Ponadto, przewody instalacji c.w.u. i cyrkulacyjne są izolowane termicznie otuliną PE.

Charakterystyka punktów pomiarowych i zakres badań

Punkty pomiarowe zlokalizowano według wytycznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia [Dz.U. 2015, poz. 1989]. Miejsca pobierania próbek obejmowały 10 pomieszczeń zlokalizowanych na czterech kondygnacjach

nadziemnych i jednej kondygnacji podziemnej budynku edukacyjnego. Były to:

- punkt czerpalny zlokalizowany najbliżej zasobnika c.w.u. (P1) – pomieszczenie obok kotłowni, gdyż nie było możliwości pobrania wody na wypływie i powrocie do zasobnika c.w.u.,
- w punktach czerpalnych najbardziej oddalonych od zasobnika c.w.u. (P8 – wysokość) i P10 (odległość),
- w wybranych punktach pośrednich instalacji wodociągowej (P2, P3–P7, P9).

Wśród wytypowanych do badań pomieszczeń były zarówno pokoje pracowników, sale dydaktyczne oraz tzw. pokoje gościnne. W badanych próbkach zimnej i ciepłej wody użytkowej analizowano podstawowe parametry fizyko-chemiczne jakości wody (pH, przewodnictwo, temperatura, twardość, zasadowość, zawartość węgla ogólnego (TC) i nieorganicznego (IC), stężenie azotanów(V), chlorków i siarczanów, stężenie wapnia, magnezu, żelaza, manganu i cynku oraz metodą hodowlaną oznaczano bakterie z rodzaju *Legionella*. Badania przeprowadzono w trzech seriach pomiarowych, które miały miejsce w grudniu 2015, lutym 2016 i kwietniu 2016. Do badań pobrano łącznie 60 próbek wody.

METODY ANALITYCZNE

Analiza parametrów fizykochemicznych wody instalacyjnej

Do czasu przeprowadzenia oznaczeń, próbki utrwalano i przechowywano w temperaturze poniżej 4°C. Do oznaczeń wykorzystano następującą aparaturę i sprzęt:

- do oznaczeń stężenia chlorków, azotanów, siarczanów wykorzystano chromatograf cieczowy Waters 717 z detektorem konduktometrycznym; rozdział chromatograficzny prowadzono na kolumnie IC-Pack Anion HR 4,6 x 75 mm Waters; jako fazę ruchomą użyto boran/glukonant eluent o pH 8,5; przepływ fazy ruchomej wynosił 1 ml/min; elucję prowadzono w układzie izokratycznym; czas analizy 15 minut,
- do oznaczeń zawartości węgla całkowitego i węgla nieorganicznego użyto analizator węgla ogólnego TOC 5050A (Shimadzu),
- oznaczenia zawartości pierwiastków (Ca, Fe, Mg, Mn, Zn) wykonano na spektrometrze

emisji atomowej ze wzbudzeniem plazmowym Ultrace 238 (Jobin Yvon),

- pomiar pH i przewodnictwa prowadzono przy użyciu laboratoryjnego zestawu pomiarowego CPC-501 Elmetron,
- twardość wody oznaczano metodą klasyczną wersenianową.

Oznaczenie bakterii z rodzaju *Legionella* w próbkach wody instalacyjnej

Wykrywanie i oznaczanie bakterii z rodzaju *Legionella* w próbkach zimnej i ciepłej wody użytkowej wykonano zgodnie z zaleceniami normy PN-ISO 11731:2008 – Jakość wody. Wykrywanie i oznaczanie bakterii z rodzaju *Legionella*.

W badaniach użyto gotowe podłoża i testy dostępne w handlu:

- -podłoże GVPC – płytka 90 mm: buforowane podłoże agarowe z węglem drzewnym, ekstraktem drożdżowym i selektywnymi dodatkami (Biomérieux, Polska)
- podłoże BCYE – bez cysteiny – płytka 90 mm: buforowane podłoże agarowe z węglem drzewnym i ekstraktem drożdżowym bez l-cysteiny (Biomérieux, Polska)
- podłoże BCYE – płytka 90 mm: buforowane podłoże agarowe z węglem drzewnym i ekstraktem drożdżowym (Biomérieux, Polska)
- testy M45 Microgen *Legionella* (Biomérieux, Polska).

Pobieranie próbek wody w celu wykrywania bakterii z rodzaju *Legionella* przeprowadzono według własnej instrukcji opracowanej na podstawie dostępnych protokołów poboru próbek akredytowanych laboratoriów badawczych. Pojemniki użyte do pobierania próbek wody zostały wyjałowione. Ponieważ badana woda nie zawierała podwyższonych zawartości środków dezynfekujących, nie dodawano do próbek tiosiarczanu sodu. Próbkę wody pobierano bezpośrednio z przyborów czerpalnych zlokalizowanych w 10 pomieszczeniach budynku. W przypadku kilku pomieszczeń należało zdjąć dodatkowe urządzenia jak perlatory, filtry, rurki przedłużające.

Kurki czerpalne umyto detergentem z wodą, wytarto do sucha i zdezynfekowano przez opalanie płomieniem. Następnie przez 3 minuty spuszczano silnym strumieniem wodę z punktu czerpального celem stabilizacji warunków. Próbkę pobierano do sterylnych 500 ml butelek z polipropylenu. Tuż po pobraniu próbki ciepłej wody

zostały schłodzone pod strumieniem wody zimnej i przetransportowane do laboratorium, gdzie tego samego dnia rozpoczęto procedurę oznaczania bakterii z rodzaju *Legionella* sp. Pobrane próbki zagęszczano metodą filtracji membranowej (filtr celulozowy 0,2 µm). Posiewano próbki objętości 100 ml. Po przefiltrowaniu wody filtr został pocięty, jego fragmenty umieszczono w zbuforowanym roztworze soli fizjologicznej i energicznie wytrząsano. Próbkę rozdzielono na trzy porcje. Jedną porcję stosowano bez obróbki. Z dwóch pozostałych jedną poddano działaniu ciepła (50°C), a drugą kwaśnego buforu. Z każdej porcji posiewano 100 µl na płytkę z podłożem GVPC. Płytki Petriego inkubowano przez 7–10 dni w temperaturze 37°C. Inkubacja odbywała się w wilgotnej atmosferze zapewnianej przez ustawienie na dnie inkubatora pojemnika ze sterylną wodą destylowaną, uzupełnianą w razie potrzeby w trakcie inkubacji. Kolonie, które wyrosły pomiędzy 2 a 6 dniem inkubacji po dokładnym obejrzeniu, określeniu barwy, kształtu kolonii oraz liczby przeszczepiano do badań potwierdzających. Po inkubacji morfologicznie charakterystyczne kolonie wyrosłe na selektywnym podłożu określa się jako domniemane *Legionella*. Badania potwierdzające przeprowadzono metodą biochemiczną. Wybrane kolonie z podłoża GVPC posiewano na podłoże podstawowe z cysteiną (BCYE +cys) oraz bez cysteiny (BCYE –cys) i wykorzystując brak zdolności pałeczek *Legionella* do wzrostu na podłożu bez cysteiny traktowano

kolonie, rosnące na podłożu z cysteiną, jako domniemane pałeczki *Legionella*. Kolonie, które rosły na podłożu z cysteiną a nie rosły na podłożu bez cysteiny poddano identyfikacji serologicznej z wykorzystaniem testu lateksowego M45 Microgen *Legionella* co pozwoliło na identyfikację *L. pneumophila* z grupy serologicznej 1 oraz grup serologicznych 2–15. Liczbę jednostek zdolnych do utworzenia kolonii (jtk) w próbce wody obliczono zgodnie z normą EN ISO 8199:2010. W pobranych próbkach wody zmierzono temperaturę. Każdorazowo końcówka termometru była dezynfekowana 75% roztworem alkoholu etylowego (POCH, Polska).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Analiza parametrów fizyko-chemicznych wody zimnej i c.w.u.

Jak wskazują doniesienia literaturowe, występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* wiąże się z jakością wody instalacyjnej oraz materiałem z jakiego instalacja została wykonana [van der Kooij i in., 2005]. Stąd też, równoległe do badań mikrobiologicznych prowadzono pomiary parametrów fizykochemicznych zimnej i ciepłej wody instalacyjnej w objętych badaniami punktach pomiarowych. Wyniki analiz zamieszczono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Charakterystyka fizyko-chemiczna wody zimnej instalacyjnej (wartości średnie z trzech serii pomiarowych)

Table 1. Physicochemical parameters of potable installation water (medium value from 3 surveys)

Parametr	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Temperatura [°C]	9,2	9,1	9,8	10,0	10,2	12,1	12,9	13,5	14,0	13,9
Ph	7,40	7,21	7,25	7,22	7,01	7,23	7,3	7,36	7,40	7,38
Przewodnictwo [µs/cm]	680	706	704	720	747	742	700	662	668	623
Barwa	akceptowalna									
Zapach	akceptowalny									
Chlorki [mg/l]	21,6	29,8	29,5	28,3	26,2	24,4	23,2	21,6	19,3	17,8
Siarczany [mg/l]	48,5	44,7	43,8	42,1	39,7	37,2	32,9	33,3	27,4	25,3
Azotany [mg/l]	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Zasadowość ogólna [mval/l]	6,8	7,2	7,0	7,1	6,6	6,9	7,5	7,5	7,6	7,4
Twardość ogólna [mg CaCO ₃ /l]	400	405	436	429	436	408	410	415	419	401
TC = IC [mg/l]	95,6	101,3	102,0	99,8	99,2	102,5	106,4	96,7	95,9	97,1
Ca [mg/l]	96,2	83,6	93,5	94,8	99,1	96,2	94,3	94,6	95,1	97,7
Mg [mg/l]	22,1	24,3	23,8	22,6	23,6	23,4	22,5	24,1	23,8	23,1
Fe [mg/l]	0,04	0,02	0,05	0,06	0,03	0,07	0,02	0,11	0,15	0,12
Mn [mg/l]	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Zn [mg/l]	0,26	0,40	5,57	7,14	5,96	5,62	0,57	5,92	6,74	5,68

ld – granica oznaczalności.

Tabela 2. Charakterystyka fizyko-chemiczna ciepłej wody użytkowej (wartości średnie z trzech serii pomiarowych)**Table 2.** Physicochemical parameters of hot installation water (medium value from 3 surveys)

Parametr	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Temperature [°C]	37,3	41	38,7	41,8	39,5	42,7	40,7	38,3	37	36,3
ph	7,54	7,41	7,23	7,38	7,33	7,55	7,25	7,23	7,28	7,21
Przewodnictwo [$\mu\text{s}/\text{cm}$]	667	656	723	738	696	710	684	744	756	779
Barwa	akceptowalna									
Zapach	akceptowalny									
Chlorki [mg/l]	32,2	32,4	32,4	32,4	32,2	32,3	32,3	32,4	31,2	32,3
Siarczany [mg/l]	44,6	43,8	43,1	44,2	44,9	44,2	44,6	44,2	44,9	44,1
Azotany [mg/l]	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Zasadowość ogólna [mval/l]	7,4	7,8	7,8	7,8	8,8	8,6	8,2	7,7	7,9	7,8
Twardość ogólna [mg CaCO ₃ /l]	402	400	405	427	430	400	405	408	410	405
TC = IC [mg/l]	90,9	96,6	97,9	96,9	95,3	96,3	93,5	91,8	92,3	94,4
Ca [mg/l]	101	99,5	100	100	101	99	98	100	98	100
Mg [mg/l]	25,2	24,7	24,6	24,6	24,6	24	24,6	24,8	24,6	24,7
Fe [mg/l]	0,08	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03
Mn [mg/l]	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Zn [mg/l]	7,17	1,61	1,87	1,59	1,66	5,3	1,64	1,75	1,78	1,61

Woda zimna charakteryzowała się parametrami fizykochemicznymi i organoleptycznymi w zakresie wartości wymaganych Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 2015. Na uwagę zasługuje oznaczona temperatura, twardość i stężenie cynku. Średnia temperatura badanych próbek wody zimnej mieściła się w przedziale od 9,1°C do 14°C, co wskazuje na brak właściwej izolacji rurociągów wody zimnej, ciepłej i cyrkulacyjnej. Może to w konsekwencji wpływać na walory smakowe wody, a także sprzyjać rozwojowi biofilmu na ściankach wewnętrznych rurociągów [Murga i in., 2001]. Pomierzona wartość twardości ogólnej, zawartość wapnia i magnezu wskazuje na wodę twardą (8–8,72 mval/l), co jest cechą lokalną lubelskich ujęć wody podziemnej. Ilość cynku znacząco różni się w poszczególnych punktach poboru wody. Jego najniższa wartość wynosi 0,26 mg/l a najwyższa 7,14 mg/l, co może wskazywać na korozję rurociągów, z których wykonano instalację.

Polskie przepisy sanitarne nie podają wymagań fizyko-chemicznych dla ciepłej wody użytkowej, za wyjątkiem występowania bakterii z rodzaju *Legionella* i temperatury wody jaką powinna mieć woda na zasileniu i powrocie. Średnie temperatury badanej wody mieściły się w zakresie 36,3–42,7°C. Wartości pomierzonych temperatur nie spełniają wymagań stawianych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać bu-

dynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 7,5 poz. 690 z późniejszymi zmianami), w którym wymagana temperatura wynosi 55°C. Podany zakres temperatur ciepłej wody jest najbardziej optymalny dla rozwoju bakterii *Legionella* [Barna i in., 2016].

Zawartość chlorków w próbkach c.w.u. była wyższa niż w zimnej wodzie, ale różnice wartości mieściły się w bardzo wąskim zakresie (31,2–32,4 mg/l) i we wszystkich pomieszczeniach były bardzo zbliżone. Podobna sytuacja miała miejsce także w przypadku siarczanów. Podobnie jak w próbkach wody zimnej, w wodzie ciepłej azotany występowały poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej. Zasadowość ogólna wody ciepłej we wszystkich punktach poboru była wyższa niż przypadku wody zimnej. Twardość ogólna mieściła się w zakresie 400–430 mg/l. Ilość wapnia w wodzie ciepłej we wszystkich pomieszczeniach była nieznacznie wyższa niż w wodzie zimnej. Wartości były bardzo zbliżone do siebie i zawierały się w granicach 98–101 mg/l. Podobna zależność miała miejsce w przypadku magnezu. W wodzie ciepłej zawartość magnezu była większa i mieściła się w zakresie 24–25,2 mg/l. Zawartość żelaza w ciepłej wodzie była mniejsza niż w wodzie zimnej. Zawartość cynku w ciepłej wodzie na ogół była niższa niż w wodzie zimnej. Jego obecność podobnie jak w przypadku wody zimnej może świadczyć o korozji rurociągów, z których wykonana jest instalacja c.w.u.

Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* w próbkach wody z instalacji wody zimnej i c.w.u.

W budynku objętym badaniami nigdy wcześniej nie wykonywano oznaczeń występowania bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacji wodociągowej, ani wentylacyjnej. Zatem są to pierwsze pomiary od 2001 roku, kiedy budynek został oddany do użytku. W przypadku próbek wody zimnej (n=30), w żadnej z nich nie wykryto pałeczek bakterii *Legionella*. Natomiast próbki c.w.u. z serii nr 1 cechowała zmienna koncentracja tych mikroorganizmów (Tabela 3).

Pod względem stopnia skażenia, największa liczba kwestionowanych próbek mieściła się w zakresie od 1×10^3 jtk do $6,3 \times 10^3$ jtk (4 próbki) i kolejno poniżej 1×10^3 (2 próbki). W dwóch próbkach (z punktów P9 i P10) oznaczono stężenie pałeczek *Legionella* w ilości powyżej 1×10^4 jtk. Według zapisów Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 2015 (poz. 1989), liczba *Legionella* sp. w 100 ml wody nie powinna przekraczać 100 jtk. Wówczas można przyjąć, że system znajduje się pod kontrolą i nie wymaga podjęcia specjalnych działań. Natomiast wartości wyższe jak 100 jtk świadczą o średnim do bardzo wysokiego skażenia układu. Tak wysokie (P1, P4-P6, P9 i P10) stężenia pałeczek *Legionella* nie są naturalną sytuacją w instalacjach wodnych obiektów użyteczności publicznej w warunkach polskich [Matejuk i in. 2012; Wojtyła-Buciora i in., 2013]. Jak wynika z opracowania Matejuk, tylko w 5 próbkach pobranej do badań c.w.u. z łącznej liczby 237 (2010 rok, 74 kontrolowanych obiektów) i w 4 z 216 próbkach (2011, 71 kontrolowanych obiektów) stwierdzono koncentrację bakterii *Legionel-*

la powyżej 10^4 jtk. Co warto podkreślić – próbki te pochodziły ze szpitali. Zazwyczaj najwięcej próbek wody, w której oznaczono *Legionellę* było nią skażonych w stężeniu 100 – 1000 jtk/ 100 ml.

Badania Barnej i wsp. [2016] wykazały, że w ponad połowie z 26 szkół, instalacja ciepłej wody użytkowej była skolonizowana przez pałeczki *Legionella* w stopniu wysokim tj. powyżej 10^3 jtk (7 szkół). Natomiast tylko w 3 szkołach oznaczone stężenie przekroczyło wartość 10^4 jtk.

Z przeprowadzonych badań własnych wynika, że bakterie *Legionella* w sposób najbardziej intensywny rozwijały się w temperaturze 33,1–38,2°C. Największe skażenie wystąpiło jednak w temperaturze 33,1°C w punktach P9 i P10. Z pewnością jest to spowodowane faktem, że pomieszczenia te wykorzystywane są nieregularnie w ciągu roku, a co się z tym wiąże, woda nie jest systematycznie spuszczana z punktów czerpalnych, w tym baterii prysznicowych.

O ile rutynowy monitoring nie wymaga przeprowadzenia badań identyfikujących *Legionella* na poszczególne gatunki i grupy serologiczne, to w sytuacji skażenia od średniego po bardzo wysokie takie dodatkowe badania biochemiczne są konieczne. W analizowanych *Legionella*-pozytywnych próbkach wody nie wykryto obecności najbardziej niebezpiecznej *L. pneumophila* sg 1. We wszystkich próbkach wykryto natomiast szczepy oznaczane jako *L. pneumophila* sg 2–14.

Na podstawie wyników z serii nr 1 (80% próbek była pozytywna) uznano instalację c.w.u. w budynku za skolonizowaną przez pałeczki *Legionella* i zalecono:

- dokonanie przeglądu technicznego instalacji celem określenia przyczyny skażenia, w tym

Tabela 3. Wskaźnik skolonizowania instalacji c.w.u. przez bakterie z rodzaju *Legionella* (jtk/100 ml)

Table 3. Rate of *Legionella* sp. colonization in the hot water installation (CFU/100ml)

Nr punktu pomiarowego/kondygnacja	Kondygnacja	Temperatura wody [°C]	Jtk/100 ml	Ocena skażenia wg zał. Nr 8 do rozp. Min. Zdrowia (Dz.U. 2015, poz. 1989)	<i>L. Pneumophila</i> sg 2–14
P1	-1	37,2	$1,3 \times 10^3$	wysokie	+
P2	0	33,1	nie wykryto	-	-
P3	2	31,1	nie wykryto	-	-
P4	2	34,9	$6,3 \times 10^3$	wysokie	+
P5	2	35,5	$2,7 \times 10^3$	wysokie	+
P6	3	38,3	2×10^3	wysokie	+
P7	3	38,2	1×10^3	średnie	+
P8	4	35,5	$6,7 \times 10^3$	średnie	+
P9	4	33,2	$1,8 \times 10^4$	bardzo wysokie	+
P10	4	33,1	$1,4 \times 10^4$	bardzo wysokie	+

sprawdzenia temperatury wody zasilającej instalację c.w.u.,

- dokonanie dezynfekcji termicznej instalacji poprzez regularne przegrzewanie wody ciepłej do temperatury 70–80°C na okres co najmniej 5 minut; przegrzana woda powinna spłynąć z instalacji przed ponownym zastosowaniem ciepłej wody użytkowej,
- regularne chemiczne czyszczenie i dezynfekcję kranów i baterii u odbiorców ciepłej wody,
- zakup i zamontowanie baterii uniemożliwiających lub ograniczających powstawanie aerozolu.

Przegląd techniczny instalacji wykazał m.in. uszkodzenie jednostki sterującej utrzymaniem temperatury wody instalacyjnej. Wskazania urządzenia i wyniki pomiarów różniły się nawet o 20°C. Warunki dezynfekcji termicznej były następujące: nastawiona temperatura wody zasilającej 70°C ale w praktyce temperatura była niższa, i wynosiła około 60–65°C; czas przegrzewu instalacji – 6 h. W trakcie prowadzenia procesu instalacja była dopuszczona do użytkowania. Zgodnie z wytycznymi z Rozporządzenia Ministra Zdrowia (2015, poz. 1989) przeprowadzono dwie kolejne serie pomiarowe (nr 2 i 3) celem określenia skuteczności procesu dezynfekcji termicznej. W żadnej z badanych ponownie próbek wody nie wykryto bakterii z rodzaju *Legionella*. Zatem można wnioskować, że proces dezynfekcji był skuteczny. Biorąc pod uwagę materiał z jakiego wykonano instalację c.w.u. nie zaleca się stosowania w przyszłości dezynfekcji termicznej w budynku, gdyż grozi to korozją powierzchni rurociągów i uwalnianiem się m.in. cynku do wody instalacyjnej [Orlikowski, 2011]. Wskazane byłoby natomiast wykonywanie okresowej dezynfekcji chemicznej instalacji wodociągowej [Szaflik, 2006]. Otrzymane wyniki wskazują, że instalacje wodne w budynkach edukacyjnych nie są wolne od obecności bakterii *Legionella* i powinny być poddane stałemu nadzorowi. Mając jednak na uwadze wysokie koszty analiz, nie należy oczekiwać, aby tego typu pomiary stały się powszechne w tej kategorii obiektów.

WNIOSKI

1. Wartości parametrów fizyko-chemicznych wody zasilającej instalacje wody zimnej i c.w.u. w budynku spełniały kryteria zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia (2015, poz. 1989).

2. Temperatura wody zasilającej i powrotnej instalacji c.w.u. była znacznie niższa niż zalecana, co może skutkować narażeniem niekontrolowanego namnażania się bakterii *Legionella* i stanowić w przyszłości zagrożenie epidemiologiczne dla użytkowników.
3. Oznaczone w serii nr 1 stężenia bakterii z rodzaju *Legionella* świadczyły o średnim do bardzo wysokiego stopniu skażenia.
4. Przeprowadzona dezynfekcja termiczna była skuteczna o czym świadczą wyniki pomiarów serii nr 2 i 3.
5. Ze względu na stale utrzymujące się niższe niż zalecane temperatury na zasileniu i powrocie instalacji c.w.u. wskazane byłoby wykonywanie okresowej (np. raz w miesiącu) dezynfekcji chemicznej.

Podziękowania

Autorka pragnie podziękować Pani mgr Ewelinie Staszewskiej za pomoc udzieloną w oznaczeniach bakterii *Legionella*.

LITERATURA

1. Barna Z., Kadar M., Kalman E., Scheirich A., Vargha M. 2016. Prevalence of *Legionella* in premise plumbing in Hungary. *Water Research*, 90, 71–78.
2. Costa J., da Costa M.S., Verissimo A. 2010. Colonization of a therapeutic spa with *Legionella* spp: a public health issue. *Research in Microbiology*, 161, 18–25.
3. EN ISO 8199:2010. Jakość wody – Ogólne wytyczne oznaczania liczby bakterii metodą hodowli.
4. Kirschner A.K.T. 2016. Determination of viable legionella in engineered water systems: Do we find what we are looking for? *Water Research*, 93, 276–288.
5. Mathys W., Stanke J., Hatmuth M., Junge-Mathys E., 2008. Occurrence of *Legionella* in hot water systems of single family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211, 179–185.
6. Murga R., Forester T., Brown E., Pruckler R J., Donlan R. 2001. Role of biofilms in the survival of *Legionella pneumophila* in a model potable-water system. *Microbiology*, 147, 3121–3126.
7. Orlikowski J. 2011. Aspekty korozyjne metody termicznej usuwania bakterii *Legionella*. *Ochrona przed korozją*, 54(7), 456–457.

8. Palusińska-Szyszk M., Drożański W. 2006. Patogeneza i czynniki wirulencji pałeczek z rodziny *Legionellaceae*. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 60, 24–44.
9. Pancer K., Stypułkowska-Misiurewicz H. 2009. Epidemiologia zachorowań wywołanych przez *Legionellę*. Nowa Medycyna, 1, 61–65.
10. Pawełek J., Bergel T. 2009. Występowanie i zwalczanie bakterii *Legionella* w instalacjach ciepłej wody użytkowej. Gaz, woda i technika sanitarna, 12, 8–11.
11. PN-ISO 11731:2002. Jakość wody – Wykrywanie i oznaczanie bakterii z rodzaju *Legionella*.
12. PN-EN ISO 11731–2:2008. Jakość wody – Wykrywanie i oznaczanie ilościowe bakterii z rodzaju *Legionella* – Część 2: Metoda filtracji membranowej dla wód o małej liczbie bakterii.
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75 poz. 690).
14. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 roku w sprawie wymagań jakim powinna odpowiadać woda przeznaczona do spożycia przez ludzi (poz. 1989, 2015).
15. Szaflik W. 2006. Możliwości ograniczenia rozwoju bakterii *Legionella* w instalacjach ciepłej wody użytkowej. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 9, 19–24.
16. van der Kooij D., Veenendaal H.R., Scheffer W.J.H. 2005. Biofilm formation and multiplication of *Legionella* in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene. Water Research 39, 2789–2798.
17. Wojtyła-Buciora P., Chrzanowska E., Marcinkowski J.T. 2013. Występowanie pałeczek *Legionella sp.* w instalacjach ciepłej wody użytkowej w zakładach opieki zdrowotnej oraz budynkach użyteczności publicznej. Hygeia Public Health, 48(3), 327–332.
18. Wolski A., Kaiser K. 2009. Legionella w instalacjach budynków, Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa.
19. Żak M., Zaborowski P. 2011. Legionella: prawo i rekomendacje w Polsce i na świecie. Medycyna Rodzinna, 3, 80–86.