

NARAŻENIE NA CZYNNIKI MIKROBIOLOGICZNE PRACOWNIKÓW BIUROWYCH I TECHNICZNYCH W LABORATORIUM NAUKOWO-BADAWCZYM

Anna Szosland-Fałtyn, Joanna Królasik, Elżbieta Polak

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego

Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa z siedzibą w Łodzi

ul. Piłsudskiego 84, 92-202 Łódź

anna.szosland@och-ibprs.pl

Streszczenie

Prezentowane badania podjęto, mając na uwadze, że jednym z ważniejszych czynników wpływających na stan zdrowia człowieka jest jakość powietrza wewnętrznego pomieszczeń. Celem ich była ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach laboratorium naukowo-badawczego oraz zbadanie wpływu pory roku na jego czystość mikrobiologiczną. Zanieczyszczenie mikrobiologiczne badanych pomieszczeń było zróżnicowane. Ogólna liczba drobnoustrojów w pomieszczeniach laboratoryjnych kształtowała się na poziomie od $1,3 \times 10^1$ do $7,5 \times 10^3$ jtk/m³, a w pomieszczeniach biurowych od $6,5 \times 10^1$ do $3,6 \times 10^3$ jtk/m³. W miesiącach wiosennych i letnich obserwowano wzrost liczby bakterii, w pomieszczeniach biurowych. Mikroorganizmami dominującymi w środowisku były grzyby strzępkowe. Ich obecność zaobserwowana była we wszystkich siedmiu badanych pomieszczeniach i mieściła się w zakresie od $2,6 \times 10^0$ jtk/m³ do $1,4 \times 10^3$ jtk/m³.

Słowa kluczowe: czynniki biologiczne, jakość powietrza wewnętrznego, bioaerozol

EXPOSURE TO MICROBIOLOGICAL AGENTS OF OFFICE AND LABORATORY WORKERS IN RESEARCH LABORATORY

Summary

Bearing in mind that one of the most important factors affecting the human health is the indoor air quality studies were undertaken in this direction. Their aim was to assess the microbial contamination of indoor air in public research laboratory and investigate the effect of the seasons on its microbiological purity. The levels of microbiological contamination varied. The total bacterial count in laboratory rooms ranged from 1.3×10^1 to 7.5×10^3 cfu/m³ and in offices from 6.5×10^1 to 3.6×10^3 cfu/m³. In the spring and summer months an

increase in the number of bacteria in the offices was observed. The dominant microorganisms in the environment were fungi. Their presence was observed in all seven tested areas and ranged from 2.6×10^0 to 1.4×10^3 cfu/m³.

Key words: biological agents, indoor air quality, bioaerosol

WSTĘP

Jednym z ważniejszych czynników wpływających na stan zdrowia ludzkiego jest jakość powietrza wewnętrznego (ang. *indoor air quality*, IAQ) [Bonetta i in. 2010; Dumała, Dudzińska 2013]. Zazwyczaj jakość ta kojarzy się z obecnością substancji chemicznych, chociaż równie istotne jest występowanie w środowisku szkodliwych dla zdrowia czynników biologicznych, których definicja zawarta jest w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dn. 22 kwietnia 2005 r. Określa się je jako drobnoustroje komórkowe, pasożyty wewnętrzne, jednostki bezkomórkowe zdolne do replikacji lub przenoszenia materiału genetycznego, w tym zmodyfikowane genetycznie hodowle komórkowe, które mogą być przyczyną zakażenia, alergii lub zatrucia.

Wśród szkodliwych czynników biologicznych na szczególną uwagę zasługują mikroorganizmy. Naturalnym środowiskiem ich bytowania są woda i gleba. Stąd najczęściej przedostają się do powietrza, które jest główną drogą ich rozprzestrzeniania. W powietrzu drobnoustroje występują w postaci bioareozoli, składających się z fazy rozpraszającej (powietrze) i rozproszonej (stałej bądź ciekłej) [Gołofit-Szymczak, Skowroń 2005]. Przyczepione do cząstek kurzu i pyłu zachowują żywotność przez bardzo długi okres. Skład jakościowy i ilościowy mikroorganizmów w powietrzu jest bardzo różnorodny i zależy od wielu czynników. W przypadku pomieszczeń zamkniętych najważniejszymi czynnikami są: obecność ludzi i zwierząt, temperatura, wilgotność oraz istnienie systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych. W dzisiejszych czasach, kiedy coraz więcej czasu człowiek spędza wewnątrz pomieszczeń, monitorowanie czystości mikrobiologicznej środowiska, w którym przebywa, powinno być jednym z ważniejszych elementów zapewniających jego bezpieczeństwo zdrowotne. Jednak ze względu na brak uregulowań prawnych, wykonuje się niewiele takich badań. Są one szczególnie ważne w specyficznych środowiskach, takich jak: zakłady opieki zdrowotnej, szkoły, uczelnie, biura, kliniki weterynaryjne, laboratoria diagnostyczne i naukowo-badawcze, składowiska odpadów, kompostownie, oczyszczalnie ścieków [Bonetta i in. 2010; Dumała, Dudzińska 2013; Grisoli i in. 2012].

Ocena mikrobiologiczna czystości środowiska polega między innymi na: pobraniu drobnoustrojów, posiewie na odpowiednie podłoże wzrostowe, a następnie określeniu liczby wyrosłych drobnoustrojów wraz z ich ewentualną identyfikacją.

Mając na uwadze fakt, że wiedza na temat rodzaju i liczby drobnoustrojów rozprzestrzeniających się drogą powietrzną w różnych budynkach użyteczności publicznej oraz związków przyczynowo-skutkowych między danymi wartościami a ich wpływem na zdrowie człowieka jest nadal niewystarczająca, podjęto badania w tym kierunku. Celem ich była ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach laboratorium naukowo-badawczego oraz zbadanie wpływu pory roku na jego czystość mikrobiologiczną.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Material badawczy

Badania prowadzone zostały na przełomie 2012 i 2013 r. przez Pracownię Mikrobiologii Oddziału Chłodnictwa i Jakości Żywności w Łodzi Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego w Warszawie. Materiał badawczy stanowiły próbki powietrza wypełniającego pomieszczenia o różnym przeznaczeniu: 1) laboratoryjne: pokój przyjmowania próbek (PPP), pracownia mikrobiologii (PM), pracownia fizykochemii (PFCH), pracownia oceny sensorycznej (POS), magazyn przechowywania próbek (MPP); 2) biurowe: sekretariat (S), pokój socjalny (PS). Próbki powietrza pobierano i analizowano przez cały rok, o różnych godzinach. W czasie badania drzwi i okna w pomieszczeniach były zamknięte.

Izolacja drobnoustrojów z powietrza

Próbki powietrza pobierano przy użyciu próbnika powietrza MAS-100 ECO™, który dopuszczony jest do użytku na podstawie norm EN 50081-1:1992 + EN 50082-1:1997, EN 50081-2:1993 + EN 50082-2:1995 + prEN 50082-2:1996. Próbnik powietrza MAS-100 ECO™ jest wysokowydajnym urządzeniem typu zderzeniowego, szczelinowego, który pobiera określoną ilość powietrza z szybkością 100 l/min, gwarantującą zebranie wszystkich cząstek o wielkości ponad 1µm. Strumień powietrza owiewa równomiernie włożone do aparatu płytki Petriego z odpowiednim podłożem stałym. Opisane w pracy badania prowadzono na podłożu PCA (agar z ekstraktem drożdżowym i glukozą) oraz na podłożu Ch (agar z ekstraktem drożdżowym, glukozą i chloramfenikolem), inkubując płytki odpowiednio w temperaturze 30°C przez 72 h w celu określenia ogólnej liczby drobnoustrojów [PN-ISO

4833:2004] i 25°C przez 5 dni w celu analizy liczby drożdży i pleśni [PN ISO 7954:1999]. Uzyskane morfologicznie różne kolonie bakterii identyfikowano fenotypowo, wykonując preparaty barwione metodą Grama oraz stosując odpowiednie testy biochemiczne firmy bioMerieux: API 20E, API STAPH, API 50 CH. Odczyt profili biochemicznych badanych drobnoustrojów polegał na obserwacji zmiany zabarwienia hodowli bakteryjnych w mikroprobówkach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Izolacja drobnoustrojów z powietrza w pomieszczeniach

Zanieczyszczenie mikrobiologiczne badanych pomieszczeń było zróżnicowane. Ogólna liczba drobnoustrojów w pomieszczeniach laboratoryjnych kształtowała się na poziomie od $1,3 \times 10^1$ do $7,5 \times 10^3$ jtk/m³, a w pomieszczeniach biurowych od $6,5 \times 10^1$ do $3,6 \times 10^3$ jtk/m³. Najniższy poziom zanieczyszczenia bakteriami, wynoszący $5,8 \times 10^0$ jtk/m³, odnotowano wiosną w pracowni mikrobiologii, natomiast najwyższy poziom odpowiadający wartości $2,4 \times 10^3$ jtk/m³, latem w pokoju przyjmowania próbek (tabela 1). Zanieczyszczenie pomieszczeń pleśniami mieściło się w zakresie od $2,6 \times 10^0$ jtk/m³ (wiosną w pracowni mikrobiologii) do $1,4 \times 10^3$ jtk/m³ (jesienią w pracowni mikrobiologii). Zanieczyszczenie powietrza drożdżami odnotowywane było stosunkowo rzadko. Ich obecność w bioaerozolu stwierdzono na poziomie od $1,0 \times 10^0$ jtk/m³ do $7,0 \times 10^0$ jtk/m³ w trzech pomieszczeniach: pracowni fizykochemicznej i sekretariacie (zimną) oraz w pokoju socjalnym (wiosną).

Tabela 1. Stan mikrobiologiczny powietrza wewnętrznego pomieszczeń laboratoryjnych i biurowych
Microbiological indoor air quality of laboratory and office room

Pomie- szczenie <i>Room</i>	Pora roku <i>Season</i>	Ogólna liczba drobnoustrojów [jtk/m ³] <i>Total viable count</i> [cfu/m ³]	Ogólna liczba bakterii [jtk/m ³] <i>Total bacterial count</i> [cfu/m ³]	Liczba drożdży [jtk/m ³] <i>Yeast count</i> [cfu/m ³]	Liczba pleśni [jtk/m ³] <i>Molds count</i> [cfu/m ³]
1	2	3	4	5	6
PPP	wiosna	$5,6 \times 10^1 \div 5,9 \times 10^2$	$6,2 \times 10^1 \div 4,3 \times 10^2$	0	$3,8 \times 10^1 \div 1,3 \times 10^2$
	lato	$1,6 \times 10^2 \div 7,5 \times 10^3$	$7,4 \times 10^1 \div 2,4 \times 10^3$	0	$9,5 \times 10^1 \div 2,7 \times 10^2$
	jesień	$2,7 \times 10^2 \div 5,1 \times 10^3$	$1,4 \times 10^2 \div 9,7 \times 10^2$	0	$6,1 \times 10^1 \div 9,1 \times 10^2$
	zima	$5,7 \times 10^2 \div 3,2 \times 10^3$	$7,7 \times 10^2 \div 1,5 \times 10^3$	0	$6,5 \times 10^1 \div 6,9 \times 10^2$
PM	wiosna	$1,3 \times 10^1 \div 5,2 \times 10^2$	$5,8 \times 10^0 \div 1,6 \times 10^2$	0	$2,6 \times 10^0 \div 7,8 \times 10^1$
	lato	$2,7 \times 10^1 \div 2,2 \times 10^3$	$1,9 \times 10^1 \div 3,6 \times 10^2$	0	$3,9 \times 10^1 \div 4,9 \times 10^2$
	jesień	$2,4 \times 10^1 \div 5,2 \times 10^3$	$1,0 \times 10^1 \div 4,2 \times 10^2$	0	$2,6 \times 10^1 \div 1,4 \times 10^3$
	zima	$2,6 \times 10^1 \div 1,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10^0 \div 5,8 \times 10^1$	0	$4,0 \times 10^1 \div 7,5 \times 10^1$
PFCH	wiosna	$5,0 \times 10^1 \div 3,3 \times 10^3$	$4,1 \times 10^1 \div 8,9 \times 10^2$	0	$1,6 \times 10^1 \div 1,5 \times 10^2$
	lato	$3,2 \times 10^1 \div 9,4 \times 10^2$	$1,8 \times 10^1 \div 7,7 \times 10^2$	0	$3,1 \times 10^1 \div 5,0 \times 10^2$
	jesień	$4,1 \times 10^1 \div 2,5 \times 10^2$	$1,6 \times 10^1 \div 1,9 \times 10^2$	0	$2,9 \times 10^1 \div 9,2 \times 10^2$
	zima	$5,7 \times 10^2 \div 6,8 \times 10^3$	$1,3 \times 10^2 \div 4,4 \times 10^2$	$0 \div 7,0 \times 10^0$	$5,6 \times 10^1 \div 1,0 \times 10^3$

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
POS	wiosna	$7,3 \times 10^1 \div 8,3 \times 10^2$	$4,8 \times 10^1 \div 3,9 \times 10^2$	0	$2,3 \times 10^1 \div 5,3 \times 10^1$
	lato	$8,1 \times 10^1 \div 2,1 \times 10^2$	$2,7 \times 10^1 \div 1,6 \times 10^2$	0	$3,5 \times 10^1 \div 4,8 \times 10^1$
	jesień	$1,0 \times 10^2 \div 1,5 \times 10^2$	$3,2 \times 10^1 \div 5,2 \times 10^1$	0	$6,6 \times 10^1 \div 1,1 \times 10^3$
	zima	$3,0 \times 10^1 \div 7,8 \times 10^1$	$2,2 \times 10^1 \div 4,1 \times 10^1$	0	$8,0 \times 10^0 \div 1,5 \times 10^1$
MPP	wiosna	$9,2 \times 10^1 \div 5,6 \times 10^2$	$5,5 \times 10^1 \div 1,4 \times 10^2$	0	$7,7 \times 10^1 \div 1,1 \times 10^2$
	lato	$1,1 \times 10^2 \div 2,9 \times 10^2$	$7,3 \times 10^1 \div 1,3 \times 10^2$	0	$1,8 \times 10^2 \div 3,9 \times 10^2$
	jesień	$6,5 \times 10^1 \div 1,3 \times 10^2$	$4,5 \times 10^1 \div 5,2 \times 10^1$	0	$1,2 \times 10^1 \div 2,6 \times 10^1$
	zima	$4,8 \times 10^1 \div 5,7 \times 10^1$	$2,9 \times 10^1 \div 3,7 \times 10^1$	0	$8,0 \times 10^0 \div 9,0 \times 10^0$
PS	wiosna	$3,9 \times 10^2 \div 6,3 \times 10^2$	$2,7 \times 10^2 \div 5,6 \times 10^2$	$0 \div 3,0 \times 10^0$	$2,1 \times 10^1 \div 1,0 \times 10^2$
	lato	$2,8 \times 10^2 \div 3,6 \times 10^3$	$1,4 \times 10^2 \div 8,6 \times 10^2$	0	$2,5 \times 10^1 \div 7,7 \times 10^2$
	jesień	$7,3 \times 10^1 \div 2,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^1 \div 8,9 \times 10^1$	0	$7,6 \times 10^1 \div 7,6 \times 10^2$
	zima	$1,9 \times 10^2 \div 5,8 \times 10^2$	$7,4 \times 10^1 \div 3,3 \times 10^2$	0	$1,4 \times 10^1 \div 8,9 \times 10^2$
S	wiosna	$1,5 \times 10^2 \div 2,1 \times 10^2$	$9,1 \times 10^1 \div 3,3 \times 10^2$	0	$5,9 \times 10^1 \div 1,9 \times 10^2$
	lato	$3,8 \times 10^2 \div 8,4 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2 \div 5,3 \times 10^2$	0	$3,4 \times 10^1 \div 1,1 \times 10^2$
	jesień	$8,2 \times 10^1 \div 1,6 \times 10^2$	$2,4 \times 10^1 \div 6,9 \times 10^1$	0	$6,9 \times 10^1 \div 5,8 \times 10^2$
	zima	$6,5 \times 10^1 \div 3,5 \times 10^2$	$4,6 \times 10^1 \div 1,2 \times 10^2$	$0 \div 1,0 \times 10^0$	$1,5 \times 10^1 \div 7,3 \times 10^2$

W celu określenia czystości powietrza w pomieszczeniach, w pracy przyjęto kryteria zawarte w tabeli 2, opracowane na podstawie wytycznych opublikowanych w raporcie Komisji Europejskiej z 1993 r.

Tabela 2. Kryteria interpretowania czystości powietrza wewnętrznego w środowiskach nieprodukcyjnych [CEC 1993]
Criteria for interpreting the purity of indoor air in non-production environment [CEC 1993]

Liczba bakterii [log jtk/m ³] <i>Total bacterial count</i> [log cfu/ m ³]	Liczba grzybów [log jtk/m ³] <i>Molds count</i> [log cfu/m ³]	Stopień zanieczyszczenia powietrza <i>Contamination level of air</i> [-]
<1,70	<1,40	bardzo niski
<2,00	<2,00	niski
<2,70	<2,70	średni
<3,3	<3,3	wysoki
>3,3	>3,3	bardzo wysoki

W trakcie rocznego monitoringu powietrza zarówno w pomieszczeniach laboratoryjnych, jak i biurowych stopień zanieczyszczenia powietrza grzybami wynosił odpowiednio 1,88 i 1,98 log jtk/m³ i, biorąc pod uwagę kryteria zawarte w tabeli 2, należy go określić jako niski. Natomiast w przypadku zanieczyszczenia powietrza bakteriami, w pomieszczeniach biurowych odnotowano średni stopień kontaminacji na poziomie 2,44 log jtk/m³, a w laboratoryjnych – niski, przyjmujący wartość 1,93 log jtk/m³ (tabela 3).

Tabela 3. Stan mikrobiologiczny powietrza wewnętrznego w laboratorium naukowo-badawczym w czasie rocznego monitoringu

Microbiological indoor air quality of laboratory and office room during the annual monitoring

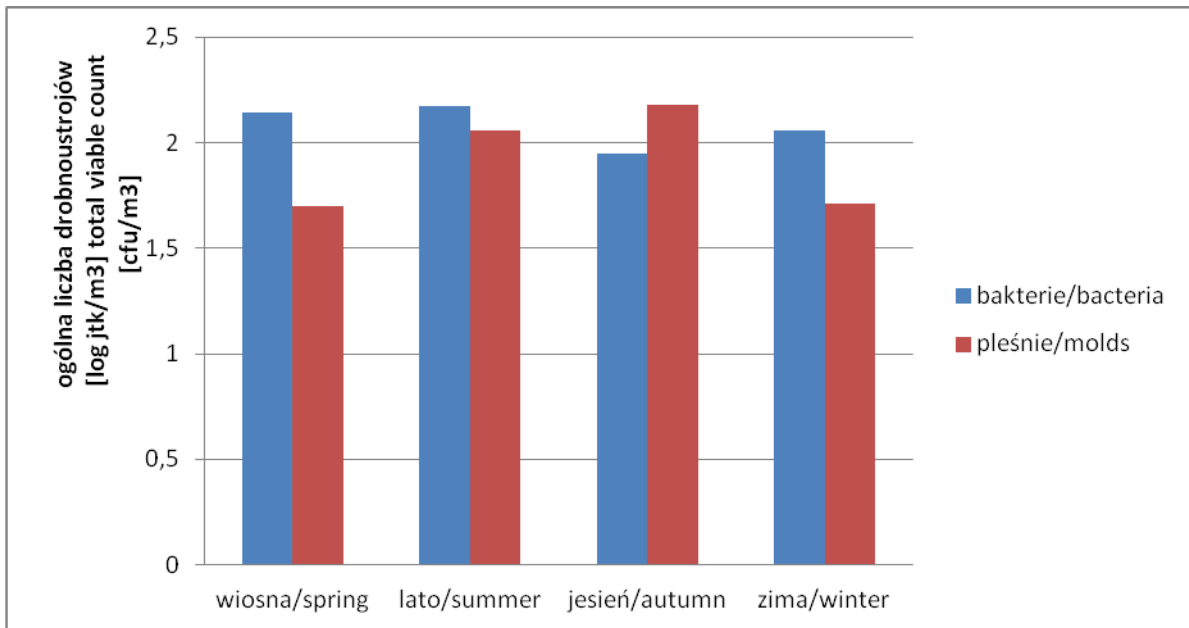
Rodzaj pomieszczenia <i>Room</i>	Wartość średnia ± odchylenie standardowe <i>Mean value ± standard deviation</i>		
	Ogólna liczba drobnoustrojów [log jtk/m ³] <i>Total viable count</i> [log cfu/ m ³]	Liczba bakterii [log jtk/m ³] <i>Bacterial count</i> [log cfu/ m ³]	Liczba pleśni [log jtk/m ³] <i>Molds count</i> [log cfu/ m ³]
laboratoryjne	2,35±0,76	1,93±0,59	1,88±0,66
biurowe	2,37±0,53	2,44±0,42	1,98±0,56

Najwyższe zanieczyszczenie powietrza bakteriami i pleśniami odnotowano w pokoju socjalnym i pokoju przyjmowania próbek. Stężenie bioareozolu bakteryjnego w tych pomieszczeniach osiągało poziom odpowiednio 2,59 i 2,36 log jtk/m³. Z kolei najwyższe zanieczyszczenie powietrza pleśniami wynosiło 2,21 (pokój przyjmowania próbek) i 2,05 log jtk/m³ (pokój socjalny) (tabela 4).

Bakteriami najczęściej izolowanymi z powietrza, niezależnie od przeznaczenia pomieszczeń, były: Gram-dodatnie ziarniaki z rodzaju *Micrococcus* sp., *Enterococcus* sp., *Staphylococcus aureus*, Gram-ujemne pałeczki z rodzaju *Pseudomonas* sp., bakterie przetrwalnikujące z rodzaju *Bacillus* sp. Ponadto w pokoju socjalnym stwierdzono obecność bakterii *Escherichia coli* (tabela 4).

Tabela 4. Występowanie mikroorganizmów w powietrzu w zależności od rodzaju pomieszczenia
Prevalence of airborne microorganisms depending on different kind of room

Mikroorganizm <i>Microorganism</i>	Liczba drobnoustrojów izolowanych z pomieszczeń <i>Total viable count isolated from rooms [log jtk/m³]</i>						
	PPP	PM	PFCH	POS	MPP	PS	S
bakterie mezofilne	2,36±0,62	1,65±0,68	2,13±0,65	1,75 ±0,37	1,77±0,21	2,59±0,45	2,30±0,35
<i>Micrococcus</i> sp.	0,99±0,15	1,14±0,38	1,21±0,09	0,71 ±0,02	1,18±0,24	0,99±0,18	0,99±0,11
<i>Enterococcus</i> sp.	-	-	-	0,54 ±0,05	-	0,25±0,01	-
<i>Pseudomonas</i> sp.	-	0,66±0,01	-	0,31±0,01	0,87±0,04		
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,42±0,08	0,74±0,06	-	0,11 ±0,05	-	0,29±0,01	-
<i>Bacillus cereus</i>	0,20±0,02	-	0,68±0,08	0,51 ±0,05	-	-	0,91±0,03
<i>Bacillus licheniformis</i>	-	-	0,33 ±0,03	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	-	-	0,36±0,04	-
drożdże	-	-	0,23±0,02	-	-	0,16±0,02	-
pleśnie	2,21±0,15	1,85±0,11	1,98±0,22	1,67±0,34	1,64±0,23	2,05±0,13	1,94±0,16



Wykres 1. Wpływ pory roku na stan mikrobiologiczny powietrza wewnętrznego badanych pomieszczeń
Influence of season on the microbial indoor air quality of testing room

Stosując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA liczby bakterii i pleśni, wykazano statystycznie istotne różnice wpływu zimy na zanieczyszczenie powietrza bakteriami w pokoju przyjmowania próbek (PPP) oraz w magazynie przechowywania próbek (MPP) ($p < 0,05$). W obu pomieszczeniach biurowych, tj. pokoju socjalnym (PS) i sekretariacie (S), zanieczyszczenie powietrza bakteriami jesienią i zimą było niższe niż w okresie letnim. Również w pozostałych pomieszczeniach, w miesiącach wiosennych i letnich, liczba bakterii przeważała w stosunku do liczby pleśni (wykres 1). Ponadto w pomieszczeniach biurowych odnotowano statystycznie istotne różnice zanieczyszczenia powietrza pleśniami w porze jesiennej, które było wyższe niż w innych sezonach. Zaobserwowano brak statystycznie istotnych różnic ($p > 0,05$) wpływu pory roku na zanieczyszczenie powietrza bakteriami w dwóch pomieszczeniach: pracowni mikrobiologii (PM) i pracowni fizykochemicznej (PFCH) oraz brak statystycznie istotnych różnic ($p > 0,05$) wpływu pory roku na zanieczyszczenie powietrza pleśniami w pracowni fizykochemicznej (PFCH), pokoju socjalnym (PS) i pokoju przyjmowania próbek (PPP).

Mając na uwadze fakt, że większość ludzi spędza około 87% swojego życia wewnątrz różnego typu pomieszczeń, dane dotyczące oceny jakości mikrobiologicznej powietrza wewnętrznego wydają się istotne [Gaska-Jędruch, Dudzińska 2009]. Ponadto duże zainteresowanie naukowców budzą relacje pomiędzy rodzajem i liczbą drobnoustrojów a ich wpływem na zdrowie człowieka [Grisoli i in. 2012; Srikanth i in. 2008].

Badania, przeprowadzone w czasie rocznego monitoringu stanu mikrobiologicznego powietrza w pomieszczeniach biurowych i laboratoryjnych jednostki naukowo-badawczej, wykazały różny stopień zanieczyszczenia zarówno bakteriami mezofilnymi, jak i pleśniami. Wyizolowane drobnoustroje należały głównie do grupy 1 i 2 pod względem stopnia zakaźności w stosunku do człowieka [Zielińska-Jankiewicz i in. 2005]. Z powodu braku uregulowań prawnych oraz dyrektyw unijnych co do klasyfikacji jakości mikrobiologicznej powietrza wewnętrznego, autorzy powołują się w literaturze na różne wytyczne [Górny 2004; Dumala, Dudzińska 2013]. W prezentowanej pracy oparto się na kryteriach zawartych w raporcie Komisji Unii Europejskiej z 1993 r. Biorąc pod uwagę wytyczne przedstawione w tabeli 2, stwierdzono, że w pomieszczeniach biurowych stężenie bioaerozolu bakteryjnego wskazywało na średni stopień zanieczyszczenia, natomiast w pomieszczeniach laboratoryjnych na niski. Spośród pomieszczeń biurowych największe stężenie bakterii stwierdzono w pokoju socjalnym. Wśród bakterii przeważały: *Micrococcus* sp., *Bacillus* sp. i *Staphylococcus* sp. Wymienione rodzaje wyizolowano w co najmniej czterech z siedmiu badanych pomieszczeń. Na niższy stopień kontaminacji bakteriami pomieszczeń laboratoryjnych może mieć wpływ obecność systemów wentylacji mechanicznej służących do dezynfekcji pomieszczeń, włączanych w trakcie dnia pracy oraz lamp UV. Wzrost liczby bakterii w pomieszczeniach biurowych obserwowany był zwłaszcza w miesiącach wiosennych i letnich, co potwierdzają również wyniki przeprowadzonej analizy statystycznej. Na taką prawidłowość wskazują też dane innych naukowców [Skóra i in. 2012].

Mikroorganizmami dominującymi w środowisku były grzyby strzępkowe. Ich obecność zaobserwowano we wszystkich siedmiu badanych pomieszczeniach, przy czym najwyższe zanieczyszczenie odnotowano w pokoju przyjmowania próbek i pokoju socjalnym. Należy podkreślić, że przypuszczalnie około 30% problemów zdrowotnych ludzi, w tym różnego typu alergii, jest spowodowanych reakcją organizmu na pleśnie obecne w środowisku [Dumala, Dudzińska 2013]. Wyniki rocznego monitoringu liczby pleśni z wykorzystaniem próbnika powietrza MAS-100 ECO™ nie odbiegają od danych zgłaszanych przez innych naukowców. W badaniach Krajewskiej-Kułak i in. [2009] średnia liczba pleśni kształtowała się na poziomie $302,5 \pm 56,6$ jtk/m³.

Najwyższe zanieczyszczenie powietrza zarówno bakteriami, jak i pleśniami odnotowano w pokoju socjalnym i pokoju przyjmowania próbek. Są to pokoje najczęściej użytkowane przez pracowników oraz odwiedzane przez osoby z zewnątrz, co świadczy o tym, że człowiek jest jednym z ważniejszych czynników wpływających na jakość mikrobiologiczną powietrza wewnętrznego [Kalogerakis i in. 2005].

WNIOSKI

1. Roczny monitoring powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach laboratoryjno-biurowych wykazał zróżnicowany stopień kontaminacji zarówno bakteriami, jak i pleśniami.
2. Najwyższe zanieczyszczenie powietrza bakteriami i pleśniami odnotowano w pokoju socjalnym i pokoju przyjmowania próbek.
3. Mikroorganizmami dominującymi były grzyby strzępkowe, których obecność stwierdzono we wszystkich badanych pomieszczeniach.

PIŚMIENNICTWO

1. Bonetta S., Mosso S., Sampo S., Carraro E. (2010). Assessment of microbiological indoor air quality in an Italian office building equipped with an HVAC system. *Environ. Monit. Assess.*, 161, 473-483
2. Commission of European Communities CEC (1993). Indoor air quality and its impact on man. Biological particles in indoor environments. Report 12. Cost Project 613. EUR. 14988 EN
3. Dumala S. M., Dudzińska M. R. (2013). Microbiological indoor air quality in polish schools. *Rocz. Ochr. Środ.*, 15, 231-244
4. Gaska-Jędruch U., Dudzińska M. R. (2009). Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w powietrzu wewnętrznym. W: Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej. Pr. zbior. pod red. Janusza Ozonka, Artura Pawłowskiego. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska*, 2, 59, 31-40
5. Gołofit-Szymczak M., Skowroń J. (2005). Zagrożenia mikrobiologiczne w pomieszczeniach biurowych. *Bezp. Pr.*, 3, 29-31
6. Górny R. (2004). Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych. *PIMOŚP*, 3 (41), 17-39
7. Grisoli P., Rodolfi M., Chiara T., Zonta L. A., Dacarro C. (2012). Evaluation of microbiological air quality and of microclimate in university classrooms. *Environ. Monit. Assess.*, 184, 4171-4180
8. Kalogerakis N., Paschali D., Lekaditis V., Pantidou A., Eleftheriadis K., Lazaridis M. (2005). Indoor air quality-bioaerosol measurements in domestic and office premises. *Aerosol Sci.*, 36, 751-761

9. Krajewska-Kułak E., Gniadek A., Łukaszuk C. R., Macura A. B., Kułak W. (2009). Wstępne porównanie wyników badań zanieczyszczenia powietrza grzybami z wykorzystaniem aparatu SAS SUPER 100 i MAS 100. Doniesienie wstępne. Mikol. Lek., 16 (1), 34-39
10. Polska Norma PN-ISO 4833. (2004). Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Metoda płytkowa w temperaturze 30°C. Warszawa: PKN
11. Polska Norma PN ISO 7954. (1999). Mikrobiologia. Ogólne zasady oznaczania drożdży i pleśni. Warszawa: PKN
12. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz.U.2005.81.716 z późniejszymi zmianami)
13. Srikanth P., Sudharsanam S., Steinberg R. (2008). Bioaerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis. Indian J. Med. Microbiol., 26 (4), 302-312
14. Skóra J., Zduniak K., Gutarowska B., Rembisz D. (2012). Szkodliwe czynniki biologiczne na stanowiskach pracy w muzeach. Med. Pr., 63 (2), 153-165
15. Zielińska-Jankiewicz K., Kozajda A., Szadkowska-Stańczyk I. (2005). Zawodowa ekspozycja na czynniki biologiczne i ochrona narażonych na nie pracowników w świetle nowych przepisów prawnych. Med. Pr., 56 (4), 319-323