

PRACE POGLĄDOWE

Agnieszka Wlazło¹

Rafał L. Górny¹

Renata Złotkowska²

Anna Ławniczek¹

Beata Łudzeń-Izbińska¹

Aleksander S. Harkawy¹

Edmund Anczyk³

NARAŻENIE PRACOWNIKÓW NA WYBRANE SZKODLIWE CZYNNIKI BIOLOGICZNE W BIBLIOTEKACH WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO*

WORKERS' EXPOSURE TO SELECTED BIOLOGICAL AGENTS IN LIBRARIES OF UPPER SILESIA

¹ Zakład Szkodliwości Biologicznych

Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec

² Zakład Zdrowia Środowiskowego i Epidemiologii

Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec

³ Zakład Polityki Zdrowotnej

Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec

STRESZCZENIE

Celem badań była ocena narażenia pracowników bibliotek na szkodliwe czynniki biologiczne wykonana w oparciu o ilościową i jakościową charakterystykę mikroflory powietrza i pyłu osiadłego, uzupełniona analizą zawartości alergenów roztoczy w pyłach badanych pomieszczeń. Próbkę bioaerozoli pobierano 6-stopniowym impaktorem Andersena, a próbki pyłu osiadłego z powierzchni książek metodami wymazów i odkurzenia, w obu przypadkach identyfikując florę bakteryjną i grzybową do szczebla rodzaju lub gatunku. Ponadto, testem *Acarex* wyznaczano zawartość guaniny jako predyktora poziomu alergenów roztoczy w pyłach. Stężenia bioaerozoli były niskie i nie przekraczały proponowanych wartości dopuszczalnych. Powietrze w pomieszczeniach ze sprawnie działającym systemem klimatyzacyjnym/wentylacyjnym było mikrobiologicznie mniej zanieczyszczone niż w nieklimatyzowanych wnętrzach. W bioaerozolu i pyłach osiadłym stwierdzono obecność bakterii i grzybów zaliczanych do 2. grupy zagrożenia. Poziom alergenów roztoczy w pyłach osiadłym był podwyższony. Narażenie inhalacyjne pracowników bibliotek na pył zawierający mikroorganizmy i alergeny roztoczy może przyczynić się do pojawiania dolegliwości zdrowotnych o charakterze alergicznym i symptomów typu SBS (Sick Building Syndrome — syndrom chorych budynków). Med. Pr. 2008;59(2):159–170

Słowa kluczowe: biblioteki, bioaerozol, pył osiadły, grzyby, bakterie, alergeny roztoczy

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the exposure of library workers to biological agents based on quantitative and qualitative characteristics of airborne and settled dust microflora supplemented with the analysis of dust mite allergens. The bioaerosol sampling was carried out using a 6-stage Andersen impactor. The settled dust samples were collected from book covers using cotton swabs and vacuum cleaner. Isolated microbial colonies were identified to the genus and/or species level. Moreover, the concentration of guanine as a predictor of dust mite allergen content was determined with the semi-quantitative *Acarex* test. The bioaerosol concentrations were low and they did not exceed the proposed Polish reference limits. The presence of air-conditioning or ventilating system resulted in the decreased biological contamination in libraries. The identification of microorganisms in bioaerosol and settled dust samples revealed the presence of strains classified into group 2 according to their risk of infection. The level of dust mite allergens was elevated. Inhalation exposure to molds and dust mite allergens may result in the occurrence of allergic reactions and SBS symptoms. Med Pr 2008;59(2):159–170

Key words: libraries, bioaerosol, settled dust, fungi, bacteria, dust mite allergens

Adres autorów: Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec, e-mail: a.wlazlo@imp.sosnowiec.pl

Nadesłano: 2 stycznia 2008

Zatwierdzono: 5 lutego 2008

WSTĘP

Pomieszczenia biblioteczne ze względu na swój ściśle określony charakter użytkowy są specyficznym

* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005–2007 jako projekt badawczy własny nr 2 P05D 054 29 pt. „Ocena narażenia pracowników na wybrane biologiczne czynniki szkodliwe w bibliotekach województwa śląskiego”. Kierownik projektu: mgr A. Wlazło.

mikrośrodowiskiem. W tego typu wnętrzach istnieje możliwość wystąpienia zwiększonego zanieczyszczenia drobnoustrojami rozwijającymi się na zawilgotnionych zbiorach lub powierzchniach pomieszczeń. Spośród szkodliwych czynników biologicznych największe znaczenie zarówno dla zachowania trwałości

przechowywanych zbiorów, jak i stanu zdrowia narażonych na kontakt z nimi pracowników mają grzyby i bakterie (1–5). Mikroorganizmy te stanowią stały element środowiska, a łatwość rozprzestrzeniania się drogą powietrzną sprawia, że w sprzyjających warunkach mikroklimatycznych mogą nie tylko zakażać zbiory biblioteczne, inicjując w konsekwencji proces ich biodeterioracji, ale też wywierać negatywny wpływ na zdrowie osób zatrudnionych w tego typu pomieszczeniach.

Istotnym z punktu widzenia wpływu na zdrowie ludzi, szkodliwym czynnikiem biologicznym w pomieszczeniach bibliotek są również roztocza kurzu domowego. Obecność tych pajęczaków w badanym środowisku pracy budzi zainteresowanie nie tylko z powodu alergenów, których są źródłem (enzymy obecne w odchodach i wydzielinie gruczołów), ale i z powodu uznania ich za organizmy wskaźnikowe, sygnalizujące swoją obecnością wysoką wilgotność względną powietrza i materiałów (6,7).

Głównym i najbardziej efektywnym sposobem oddziaływania na organizm ludzki zarówno grzybów, jak i bakterii oraz alergenów roztoczy jest droga inhalacyjna. Efekt zdrowotny spowodowany wdychaniem różnego rodzaju cząstek zawieszonych jako bioaerzol w powietrzu zależy w znacznej mierze od ich zdolności do penetracji układu oddechowego oraz możliwości ich depozycji w jego obrębie (8).

Celem niniejszej pracy była ocena narażenia pracowników bibliotek na szkodliwe czynniki biologiczne występujące w środowisku pracy. Oceny tej dokonano w oparciu o ilościową i jakościową charakterystykę mikroflory powietrza i pyłu osiadłego, uzupełnioną o analizę zawartości alergenów roztoczy w pyłach badanych pomieszczeń.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2005–2007. Poboru próbek dokonano w umownie przyjętym „okresie letnim”, który stanowiły dni wiosny, lata i jesieni o temperaturze powietrza powyżej 10°C utrzymującej się przez co najmniej 7 dni. Do badań wytypowano 17 bibliotek zlokalizowanych w 8 miastach województwa śląskiego (Będzin, Bytom, Czeladź, Częstochowa, Dąbrowa Górnicza, Katowice i Sosnowiec).

Trzy placówki z badanej grupy bibliotek posiadały system klimatyzacji wyposażony w urządzenia wychytujące zanieczyszczenia na filtrach włókninowych, a dwie — system wentylacji. Pozostałych 12 bibliotek nie miało żadnego systemu klimatyzacyjnego ani

wentylacyjnego. W każdej z badanych bibliotek wytypowano 1–3 pomieszczenia, w których pobierano próbki do badań. Badane pomieszczenia miały powierzchnię od 50 m² (najmniejsze) do 300 m² (największe). Były one wolne od zniszczeń wodnych, nie stwierdzono w nich widocznych śladów wilgoci ani zagrzybienia na ścianach. Do badanych pomieszczeń mieli dostęp pracownicy bibliotek, którzy zwykle kilkakrotnie w ciągu 8-godzinnej pracy wyszukiwali w nich określone woluminy lub dokumenty. Zbiory biblioteczne zgromadzone w badanych pomieszczeniach obejmowały książki pochodzące od XIX wieku aż do współczesności, gazety z XIX i XX wieku oraz inne zabytki na papierze (m.in. dokumenty, mapy). Stan zgromadzonych zbiorów był dobry (brak widocznych uszkodzeń spowodowanych zalaniem lub wzrostem grzybów pleśniowych).

Próbki powietrza pobierano za pomocą 6-stopniowego impaktora Andersena (model 10-710, Andersen Instruments, Atlanta, GA, USA). Bioaerzol był badany wewnątrz pomieszczeń przed rozpoczęciem pracy przez pracowników w celu wyznaczenia „tła wewnętrznego” oraz w trakcie normalnie wykonywanych prac bibliotekarskich (przekładanie książek, przeglądanie materiałów itp.). Liczba stanowisk pomiarowych zależała od kubatury badanego pomieszczenia i wynosiła od 2 (w najmniejszym) do 4 stanowisk (w największym). Ponadto, próbki bioaerzolu pobierano także w środowisku zewnętrznym w otoczeniu budynku w celu wyznaczenia „tła zewnętrznego” i określenia ewentualnej migracji zanieczyszczeń biologicznych do środowiska badanych wnętrz.

W trakcie badań impaktor był zawsze ustawiany (w badanym pomieszczeniu lub na zewnątrz badanych obiektów) na wysokości 1–1,5 m nad podłożem w celu poboru bioaerzolu ze strefy oddechowej człowieka. W badaniach aerzolu bakteryjnego i grzybowego zastosowano 5-minutowy czas poboru. Objętość aspirowanego powietrza każdorazowo wynosiła 0,1415 m³. Mikroorganizmy pobierano na następujące podłoża mikrobiologiczne: bakterie na agar sojowy (Trypticase Soy Agar, TSA, Emapol, Gdańsk, Polska) z 5-procentowym dodatkiem odwłóknionej krwi baraniej, natomiast grzyby na agar słodowy (Malt Extract Agar, MEA, Oxoid, Basingstoke, Wielka Brytania).

Warunki inkubacji mikrobiologicznych próbek powietrza przedstawiały się dla badanych grup mikroorganizmów następująco: bakterie — 1 dzień w 37°C, 3 dni w 22°C, a następnie 3 dni w 4°C; grzyby — 4 dni w 30°C, a następnie 4 dni w 22°C. Stężenie badanego bioaerzolu

było wyrażane jako liczba jednostek tworzących kolonie na podłożu mikrobiologicznym, czyli tzw. wartość cfu (colony forming unit) obecnych w 1 m³ pobranego powietrza [cfu/m³].

Podczas sesji pomiarowych prowadzono równoległe pomiary temperatury i wilgotności względnej powietrza z wykorzystaniem termohigrometru (model 06917, Termometerfabriken Viking AB, Eskilstuna, Szwecja).

W każdej badanej bibliotece, oprócz próbek bioaerozoli, pobierano również próbki pyłu osiadłego z powierzchni książek. Pył pobierano sterylnym wacikiem z powierzchni 100 cm² (używano szablonu w postaci kwadratu o boku długości 10 cm). Próbkę opracowywano w laboratorium metodą rozcieńczeń płytkowych. Zastosowano 2 rodzaje podłoży: TSA z dodatkiem 5-procentowej odwłóknionej krwi baraniej do hodowli bakterii oraz MEA do hodowli grzybów. Przygotowanie i inkubacja podłoży przebiegała tak samo, jak dla płytek z pobranymi cząstkami bioaerozolu. Liczbę wyrosłych kolonii (jako wartość cfu na 100 cm² badanej powierzchni) przedstawiano w 4-stopniowej skali następująco: „bw” — brak wzrostu, „+” — liczba kolonii mniejsza lub równa 10, „++” — liczba kolonii większa od 10 i mniejsza od 100, „+++” — liczba kolonii większa od 100.

Oceny narażenia na alergeny roztoczy w środowisku badanych bibliotek dokonywano na podstawie pomiarów stężeń guaniny (głównego produktu wydalania roztoczy) w próbkach kurzu (pyłe osiadłym) pobranych z powierzchni książek zgromadzonych w badanych pomieszczeniach bibliotecznych. Próbkę pobierano za pomocą odkurzacza (model Elf, Zelmer, Rzeszów, Polska) na jednorazowe filtry płócienne, poprzez 2-minutową aspirację pyłu osiadłego z powierzchni zbiorów. Zawartość guaniny w próbkach wyznaczano za pomocą półilościowego testu *Acarex* (Allergopharma Joachim Ganzer KG, Reinbek, Niemcy). Wynik oznaczenia przedstawiano w 4-stopniowej skali następująco: „PZ” — poziom zerowy, tj. zawartość guaniny poniżej 0,6 mg/1g kurzu (poniżej 100 roztoczy), „+” — zawartość guaniny od 0,6 do 2,5 mg/1 g kurzu (100–500 roztoczy), „++” — zawartość guaniny od 2,5 do 10 mg/1 g kurzu (500–1500 roztoczy), „+++” — zawartość guaniny powyżej 10 mg/1 g kurzu (> 1500 roztoczy).

Identyfikację wyizolowanych szczepów bakterii przeprowadzono w oparciu o analizę morfologiczną — makroskopową kolonii wyrosłych na podłożu agarowym oraz mikroskopową komórek barwionych metodą Grama. Następnie badane szczepy bakterii różnicowano na podstawie ich własności metabolicznych za pomocą

testów biochemicznych API oraz komputerowego systemu analizy APIweb. Identyfikacja grzybów dokonywana była na podstawie analizy makro- i mikroskopowych cech kolonii prowadzonej w oparciu o dostępne klucze taksonomiczne (9–14).

Uzyskane dane pomiarowe opracowano statystycznie w oparciu o test *t*-Studenta oraz analizę korelacji Pearsona z wykorzystaniem pakietu „STATISTICA data analysis software system”, version 7.1. (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA, 2006).

WYNIKI BADAŃ

Wartości średniej arytmetycznej, odchylenia standardowego i zakresu dla stężeń aerozolu bakteryjnego i grzybowego występujących w środowisku zewnętrznym oraz w badanych pomieszczeniach bibliotek przedstawiono w tabeli 1. Porównanie wyników pomiarów dla „tła wewnętrznego” i „tła zewnętrznego” wykazało, że stężenia aerozolu grzybowego w środowisku zewnętrznym były znacząco wyższe ($p < 0,05$) od wartości stężeń „tła” zmierzonych wewnątrz badanych pomieszczeń bibliotecznych. W odniesieniu do aerozolu bakteryjnego nie wykazano znaczących statystycznie różnic w poziomach stężeń tych mikroorganizmów. Wartości stężeń bioaerozoli wyznaczone na stanowiskach pracy w badanych pomieszczeniach były wyższe od wartości zmierzonych dla „tła wewnętrznego”, średnio: 2,5-krotnie dla aerozolu bakteryjnego i 2-krotnie dla aerozolu grzybowego w pomieszczeniach nieklimatyzowanych oraz 1,9-krotnie dla aerozolu bakteryjnego i 2,6-krotnie dla aerozolu grzybowego w pomieszczeniach klimatyzowanych/wentylowanych.

W odniesieniu do pomiarów aerozolu bakteryjnego i grzybowego na stanowiskach pracy, w obu typach badanych pomieszczeń bibliotecznych (tj. nieklimatyzowanych i klimatyzowanych/wentylowanych) wykazano, że średnie wartości stężeń bakterii w powietrzu w pomieszczeniach nieklimatyzowanych były znacząco wyższe ($p < 0,01$) od średnich stężeń stwierdzonych w pomieszczeniach klimatyzowanych/wentylowanych. W przypadku aerozolu grzybowego wykazano brak statystycznie istotnych różnic w poziomach stężeń tych mikroorganizmów między poszczególnymi typami badanych pomieszczeń bibliotecznych.

Wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza w badanych pomieszczeniach zmieniały się w zakresie i wynosiły odpowiednio: w pomieszczeniach nieklimatyzowanych — 16,5–23,5°C i 33,0–58,0%, natomiast w pomieszczeniach klimatyzowanych/

Tabela 1. Stężenia aerozolu bakteryjnego i grzybowego [cfu/m³] w środowisku zewnętrznym i wewnątrz pomieszczeń bibliotecznych
Table 1. Bacterial and fungal concentration [cfu/m³] in the outdoor air and in library rooms

Środowisko		Bakterie Bacteria			Grzyby Fungi		
		średnia arytmetyczna arithmetic mean	SD*	zakres range	średnia arytmetyczna arithmetic mean	SD*	zakres range
Pomieszczenia nieklimatyzowane / Rooms without air-conditioning	tło zewnętrzne outdoor background	220	153,9	70–551	508	303,4	169–1166
	tło wewnętrzne indoor background	241	140,8	42–571	79	59,4	14–255
	stanowiska pracy workplaces	594	327,7	154–1506	149	133,5	7–672
Pomieszczenia klimatyzowane/ wentylowane / Air-conditioned/ ventilated rooms	tło zewnętrzne outdoor background	85	31,1	42–133	283	232,9	84–827
	tło wewnętrzne indoor background	104	60,9	21–218	25	20,7	0–77
	stanowiska pracy workplaces	203	114,4	75–474	66	55,0	0–248

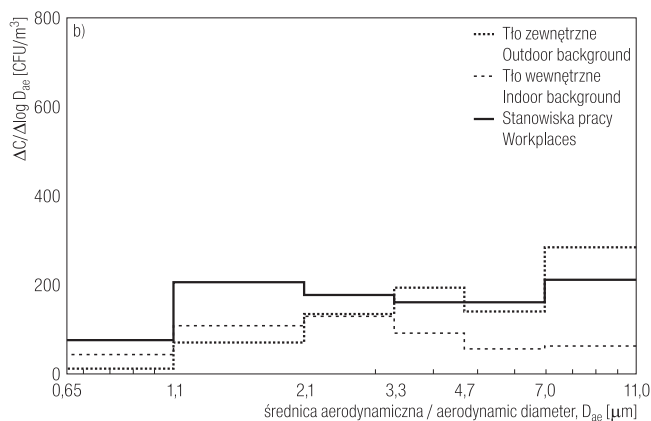
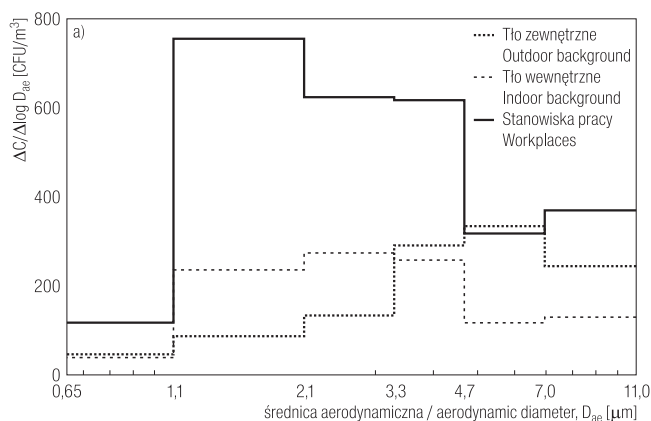
* SD — odchylenie standardowe / standard deviation.

/wentylowanych — 18,1–25,0°C i 31,0–57,0%. Analiza korelacji między stężeniami aerozolu bakteryjnego i grzybowego w badanych pomieszczeniach bibliotecznych a wartościami parametrów fizycznych powietrza wykazała, że ani temperatura, ani wilgotność względna nie wpływały znacząco na wielkość obserwowanych stężeń bioaerozoli.

Zastosowanie w badaniach 6-stopniowego impaktora Andersena pozwoliło na uzyskanie danych o rozkładzie ziarnowym mikroflory powietrza w badanych pomieszczeniach. Na rycinie 1a–b przedstawiono rozkłady ziarnowe aerozolu bakteryjnego uzyskane w środowisku zewnętrznym oraz w powietrzu badanych pomieszczeń, odpowiednio: nieklimatyzowanych i klimatyzowanych/wentylowanych. Z analizy przebiegu krzywej rozkładu dla „tła wewnętrznego” w pomieszczeniach nieklimatyzowanych wynika, że aerozol bakteryjny osiągał tu swoje maksymalne stężenia w zakresie średnic 1,1–4,7 µm, co wskazuje, iż mikroorganizmy bakteryjne były tu obecne głównie w postaci pojedynczych komórek oraz małych agregatów bakteryjnych lub bakteryjno-pyłowych. Porównanie przebiegu krzywych dla „tła wewnętrznego” i stanowisk pracy w omawianej grupie pomieszczeń wykazało, że w trakcie wykonywanych w pomieszczeniu prac istotnie wzrastało stężenie cząstek w zakresie średnic 1,1–4,7 µm ($p < 0,05$) oraz powyżej 7,0 µm

($p < 0,01$). Taki rozkład w relacji do średnic aerodynamicznych cząstek, przy jednoczesnym uwzględnieniu normalnych rozmiarów dominującej grupy bakterii (ziarenkowców Gram-dodatnich) o średnicach aerodynamicznych w zakresie 1,1–2,1 µm, wskazuje na dodatkową emisję z ich głównego rezerwuaru, jakim jest organizm ludzki (zwiększona emisja podczas nasilonego w czasie pracy oddychania i ścierania się naskórka) (18,22), oraz na tworzenie przez nie drobnych i dużych agregatów uformowanych zarówno z samych komórek bakteryjnych, jak i bakteryjno-pyłowych.

Analiza rozkładów ziarnowych występujących w powietrzu pomieszczeń klimatyzowanych/wentylowanych bibliotek (ryc. 1b) wskazuje na obecność bakterii głównie w postaci pojedynczych komórek w zakresie średnic 1,1–3,3 µm. W czasie pracy znacząco wzrastały stężenia dominujących w tych pomieszczeniach cząstek drobnych ($p < 0,05$), a ponadto następowało wzbudzenie dodatkowej emisji mikroorganizmów bakteryjnych w formie dużych agregatów o zakresie średnic powyżej 7,0 µm ($p < 0,01$). Na podstawie analizy przebiegu krzywych rozkładów ziarnowych aerozolu bakteryjnego dla „tła zewnętrznego”, wyznaczonych odpowiednio dla pomieszczeń nieklimatyzowanych i klimatyzowanych/wentylowanych, można stwierdzić, że w środowisku zewnętrznym bakterie były obecne najczęściej w formie

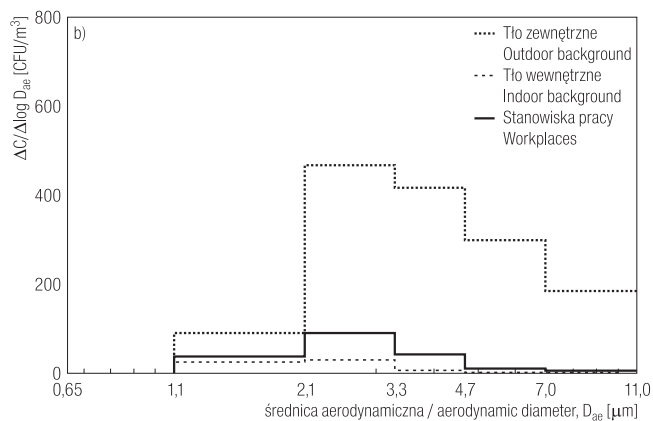
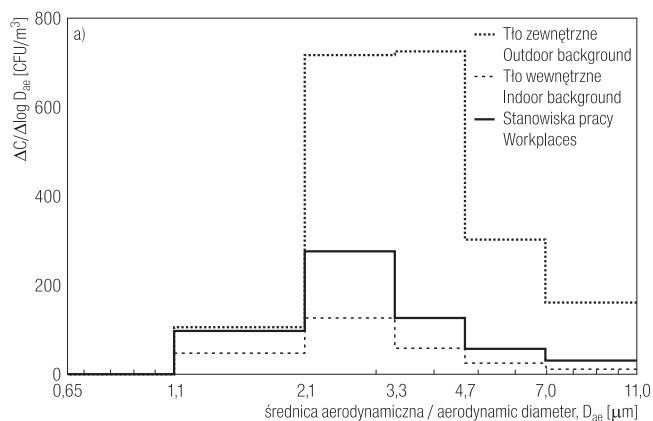


Ryc. 1. Rozkłady ziarnowe aerozolu bakteryjnego w środowisku zewnętrznym i wewnątrz pomieszczeń bibliotecznych: (a) pomieszczenia nieklimatyzowane, (b) pomieszczenia klimatyzowane/wentylowane.

Fig. 1. The size distribution of bacteria in the outdoor air and in library rooms: (a) rooms without air-conditioning, (b) air-conditioned/ventilated rooms.

agregatów bakteryjno-pyłowych. Jest to prawdopodobnie związane z wysokim poziomem zanieczyszczeń pyłowych emitowanych w dużych miastach do środowiska atmosferycznego z niskich źródeł emisji. W takim środowisku do grubych cząstek aerozolu ziarnistego mogą być przyłączane (zwykle licznie) komórki mikroorganizmów tworząc duże agregaty bakteryjno-pyłowe (18).

Rozkłady ziarnowe aerozolu grzybowego przedstawiono na rycinie 2a–b. Krzywe rozkładów dla „tła wewnętrznego” i stanowisk pracy były zbliżone swym przebiegiem w obu typach badanych pomieszczeń. W trakcie pracy w pomieszczeniach obserwowano wyraźny wzrost stężenia grzybów, głównie w zakresie średnic 2,1–3,3 μm oraz 3,3–4,7 μm (w obu przypadkach: $p < 0,05$). Analiza rozkładów ziarnowych aerozolu grzybowego dla „tła zewnętrznego” wyznaczony dla pomieszczeń nieklimatyzowanych i klimatyzowanych/wentylowanych wykazywała podobieństwo w przebiegu

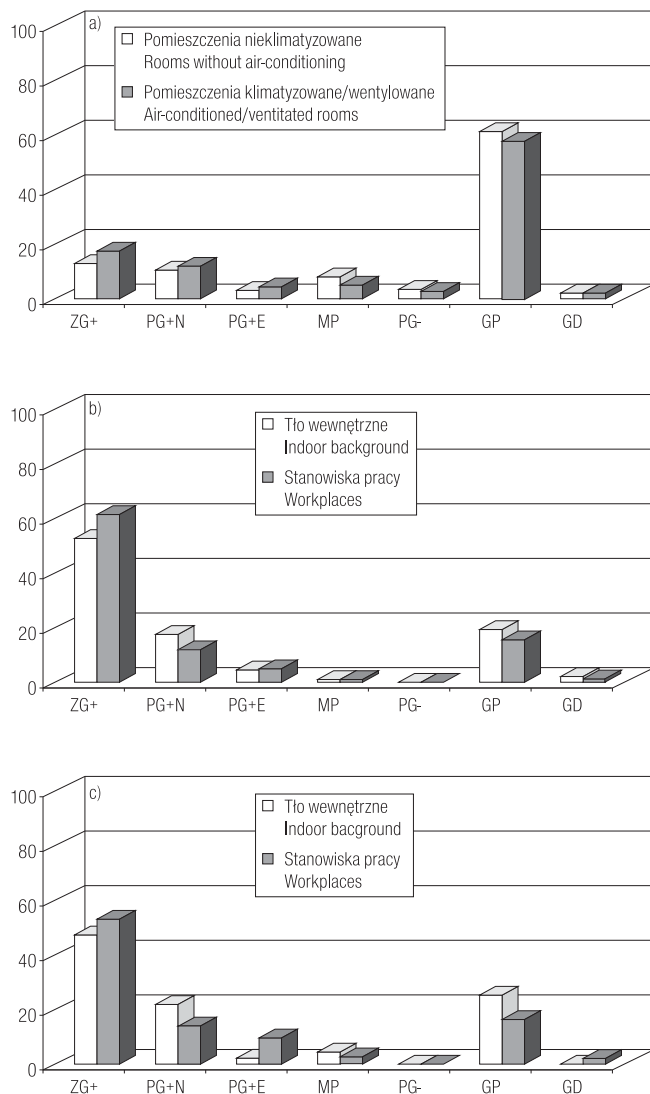


Ryc. 2. Rozkłady ziarnowe aerozolu grzybowego w środowisku zewnętrznym i wewnątrz pomieszczeń bibliotecznych: (a) pomieszczenia nieklimatyzowane, (b) pomieszczenia klimatyzowane/wentylowane.

Fig. 2. The size distribution of fungi in the outdoor air and in library rooms: (a) rooms without air-conditioning, (b) air-conditioned/ventilated rooms.

obu krzywych, co pozwala stwierdzić, że w środowisku zewnętrznym grzyby były obecne w postaci pojedynczych spor i agregatów grzybowych lub grzybowo-pyłowych.

Udziały procentowe zidentyfikowanych grup mikroorganizmów w stosunku do całości mikroflory powietrza w badanych pomieszczeniach oraz w środowisku zewnętrznym przedstawiono na rycinie 3a–c. W powietrzu atmosferycznym na zewnątrz badanych bibliotek dominowały grzyby pleśniowe (odpowiednio: 61,6% i 57,9%), ziarenkowce Gram-dodatnie (odpowiednio: 12,8% i 17,4%) i niezarodnikujące pałeczki Gram-dodatnie (odpowiednio: 10,2% i 11,7%). Spośród wszystkich badanych grup drobnoustrojów najliczniejszą część bioaerozolu badanych pomieszczeń bibliotecznych stanowiły ziarenkowce Gram-dodatnie. Udział procentowy tej grupy mikroorganizmów w pomieszczeniach nieklimatyzowanych wynosił 61,4%, natomiast



Ryc. 3. Udział procentowy grup mikroorganizmów występujących w powietrzu zewnętrznym i wewnętrznym pomieszczeń bibliotecznych: (a) tło zewnętrzne, (b) pomieszczenia nieklimatyzowane, (c) pomieszczenia klimatyzowane/wentylowane. **Fig. 3.** A percentage contribution of microorganism groups identified in the outdoor air and library rooms: (a) outdoor background, (b) rooms without air-conditioning, (c) air-conditioned/ventilated rooms.

w pomieszczeniach klimatyzowanych/wentylowanych stanowiły one 51,2% mikroflory powietrza. Drugą pod względem liczebności grupę izolowanych drobnoustrojów stanowiły grzyby pleśniowe. Ich udział procentowy w całości mikroflory powietrza w pomieszczeniach nieklimatyzowanych i klimatyzowanych/wentylowanych był zbliżony i stanowił odpowiednio 16,6% i 16,9%. Najmniej liczną grupą bioaerozolu pomieszczeń były pałeczki Gram-ujemne. W całości mikroflory powietrza stanowiły one mniej niż 1% flory powietrza.

Mikroorganizmy wyizolowane z powietrza badanych pomieszczeń zostały zidentyfikowane do szerebu

Tabela 2. Mikroorganizmy występujące w środowisku bibliotek
Table 2. Microorganisms identified in the library rooms

Bakterie / Bacteria	
Ziarenkowce Gram-dodatnie / Gram-positive cocci	<i>Dermaococcus</i> : <i>D. nishinomiyaensis</i> <i>Kocuria</i> : <i>K. rosea</i> , <i>K. varians</i> <i>Micrococcus</i> : <i>M. luteus</i> *, <i>M. lylae</i> , <i>M. spp.</i> * <i>Staphylococcus</i> : <i>S. aureus</i> , <i>S. capitis</i> , <i>S. caprae</i> , <i>S. chromogenes</i> , <i>S. cohnii</i> , <i>S. epidermidis</i> *, <i>S. haemolyticus</i> , <i>S. hominis</i> , <i>S. lentus</i> , <i>S. saprophyticus</i> , <i>S. sciuri</i> *, <i>S. simulans</i> , <i>S. warneri</i> *, <i>S. xylosus</i> * <i>Streptococcus</i> : <i>S. spp.</i>
Pałeczki Gram-dodatnie nieprzetrwalnikujące / Nonsporing Gram-positive rods	<i>Arthrobacter</i> : <i>A. spp.</i> <i>Aureobacterium</i> : <i>A. spp.</i> <i>Brevibacterium</i> : <i>B. epidermidis</i> , <i>B. spp.</i> * <i>Cellulomonas</i> : <i>C. spp.</i> * <i>Corynebacterium</i> : <i>C. amycolatum</i> , <i>C. spp.</i> , <i>C. propinquum</i> , <i>C. striatum</i> <i>Microbacterium</i> : <i>M. spp.</i> <i>Rothia</i> : <i>R. mucilaginis</i>
Laseczki Gram-dodatnie wytwarzające przetrwalniki Endospore forming Gram-positive bacilli	<i>Bacillus</i> : <i>B. brevis</i> , <i>B. cereus</i> *, <i>B. firmus</i> *, <i>B. laterosporus</i> *, <i>B. licheniformis</i> *, <i>B. megaterium</i> *, <i>B. mycoides</i> *, <i>B. polymyxa</i> *, <i>B. pumilus</i> *, <i>B. sphaericus</i> , <i>B. subtilis</i> *, <i>B. stearothermophilus</i>
Mezofile promieniowce / Mesophilic actinomycetes	<i>Actinomyces spp.</i> * <i>Nocardia spp.</i> <i>Oerskovia xanthineolytica</i> <i>Rhodococcus spp.</i> <i>Streptomyces spp.</i>
Pałeczki Gram-ujemne / Gram-negative rods	<i>Pseudomonas</i> : <i>P. putida</i> <i>Stenotrophomonas</i> : <i>S. maltophilia</i>
Grzyby / Fungi	
Grzyby drożdżoidalne / Yeasts	<i>Candida</i> : <i>C. famata</i> (Harrison) Meyer, Yarrow, <i>C. spp.</i> <i>Cryptococcus</i> : <i>C. laurentii</i> (Kufferath) Skinner, <i>C. spp.</i> <i>Geotrichum</i> : <i>G. candidum</i> Link* <i>Rhodotorula</i> : <i>R. mucilaginis</i> (Jorgensen) Harrison*, <i>R. glutinis</i> (Fresenius) Harrison
Grzyby pleśniowe / Filamentous fungi	<i>Acremonium</i> : <i>A. spp.</i> , <i>A. strictum</i> Gams* <i>Alternaria</i> : <i>A. alternata</i> (Fries) Geissler*, <i>A. spp.</i> * <i>Aspergillus</i> : <i>A. spp.</i> *, <i>A. candidus</i> Link, <i>A. clavatus</i> (Desm.), <i>A. flavus</i> Link*, <i>A. fumigatus</i> Fresen., <i>A. glaucus</i> Thom, <i>A. melleus</i> Yukawa, <i>A. niger</i> Tiegh.*, <i>A. ochraceus</i> K. Wilh.*, <i>A. ostianus</i> Wehmer, <i>A. penicilloides</i> Thom*, <i>A. repens</i> Thom*, <i>A. terreus</i> Thom, <i>A. tricolor</i> Frisvad., Seifert, Samson & Mills, <i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi* <i>Cephalosporium</i> : <i>C. acremonium</i> Corda, <i>C. charticola</i> Lindau* <i>Chaetomium</i> : <i>Ch. bostrychodes</i> Zopf*, <i>Ch. elongatum</i> Czerepanova*, <i>Ch. spp.</i> * <i>Chytrionilia</i> : <i>Ch. sitophila</i> (Mont.) Arx <i>Cladosporium</i> : <i>C. cladosporioides</i> (Fres.) de Vries*, <i>C. elongatum</i> Persoon, <i>C. spp.</i> <i>Emericella</i> : <i>E. nidulans</i> (Eidam) Vuill. <i>Eurotium</i> : <i>E. amstelodami</i> Mangin

Tabela 2. Mikroorganizmy występujące w środowisku bibliotek — cd.
Table 2. Microorganisms identified in the library rooms — cont.

Grzyby pleśniowe / Filamentous fungi	<i>Fusarium</i> : <i>F. spp.</i> <i>Heterocephalum</i> : <i>H. auranticum</i> Thaxter, <i>H. spp.</i> <i>Monosporium</i> : <i>M. silvaticum</i> Oudemans <i>Mucor</i> : <i>M. plumbeus</i> Bon., <i>M. racemosus</i> Fres.* <i>Oidiiodendron</i> : <i>O. citrinum</i> Barron, <i>O. flavum</i> Barron, <i>O. rhodogenum</i> Robak, <i>O. truncatum</i> Barron, <i>O. spp.*</i> <i>Paecilomyces</i> : <i>P. spp.</i> , <i>P. variotii</i> Bainier <i>Penicillium</i> : <i>P. atro-sanguineum</i> Dong*, <i>P. brevicompactum</i> Dierckx, <i>P. citrinum</i> Thom, <i>P. chrysogenum</i> Thom*, <i>P. commune</i> Thom, <i>P. funiculosum</i> Thom, <i>P. griseoazureum</i> Moreall et Moreau*, <i>P. spp.*</i> , <i>P. sublateritium</i> Biourge, <i>P. purpurogenum</i> Stoll, <i>P. terlikowskii</i> Zaleski, <i>P. verrucosum</i> Dierckx* <i>Prophythroma</i> : <i>P. spp.</i> Sorokin <i>Rhizopus</i> : <i>R. oryzae</i> Went & Prinsen Geerlings, <i>R. stolonifer</i> (Ehrenb.)* <i>Scopulariopsis</i> : <i>S. brevicaulis</i> Bainier, <i>S. fusca</i> Zach <i>Trichothecium</i> : <i>T. laxicephalum</i> Kamyschko*, <i>T. roseum</i> Link <i>Trichoderma</i> : <i>T. viride</i> Persoon <i>Ulocladium chartarum</i> (Preuss) Simmons <i>Wallemia sebi</i> (Fr.) v. Arx.*
---	--

* Mikroorganizmy obecne w pyłe osiadłym / Microorganisms present in settled dust.

rodzaju lub gatunku. Wyniki identyfikacji przedstawiono w tabeli 2. Zidentyfikowano 53 gatunki bakterii (należące do 20 rodzajów) oraz 72 gatunki grzybów (należących do 27 rodzajów). Gatunkowo najliczniej reprezentowane były bakterie z rodzajów *Staphylococcus* (14 gatunków) i *Bacillus* (12 gatunków), a wśród grzybów z rodzajów *Aspergillus* (15 gatunków) i *Penicillium* (12 gatunków).

Z próbek pyłu, pobranych z powierzchni książek znajdujących się w badanych pomieszczeniach, wyizolowano i zidentyfikowano 18 gatunków bakterii (należących do 6 rodzajów) oraz 29 gatunków grzybów (należących do 15 rodzajów) (patrz tab. 2). Gatunkowo

najliczniej reprezentowane były bakterie z rodzajów *Bacillus* (9 gatunków) i *Staphylococcus* (14 gatunków), a wśród grzybów z rodzajów *Aspergillus* (7 gatunków), *Penicillium* (4 gatunki) i *Chaetomium* (3 gatunki).

W tabeli 3. przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości guaniny w próbkach kurzu, pobranego z powierzchni zbiorów bibliotecznych zgromadzonych w badanych bibliotekach. Wynik pozytywny (co najmniej „+”) uzyskano w 10 próbkach pobranych w pomieszczeniach nieklimatyzowanych. Z kolei w próbkach pobranych w pomieszczeniach klimatyzowanych/wentylowanych zawartość guaniny była na poziomie „zerowym”, tj. poniżej 0,6 mg/1 g kurzu. Analiza korelacji między stężeniami guaniny w próbkach kurzu a wartościami parametrów fizycznych powietrza wykazała, że warunki mikroklimatyczne w badanych pomieszczeniach nie sprzyjały nadmiernemu rozwojowi roztoczy ($p > 0,05$).

OMÓWIENIE

Stężenia aerozolu bakteryjnego wewnątrz badanych pomieszczeń bibliotecznych były wyższe niż w środowisku zewnętrznym. W przypadku aerozolu grzybowego zaobserwowano odwrotną zależność. Oba trendy są zgodne z obecnym stanem wiedzy na temat źródeł pochodzenia badanych bioaerozoli. W przypadku aerozolu bakteryjnego za największe i stale aktywne źródła jego emisji w środowisku wewnątrz uznawany jest człowiek i zwierzęta (15–17). W przypadku aerozolu grzybowego jego najważniejsze źródła emisji znajdują się w środowisku zewnętrznym (np. gleba, woda, rośliny itp.), a stała, choć o różnej intensywności, migracja powietrza ze środowiska zewnętrznego do pomieszczeń jest głównym procesem powodującym biologiczną kontaminację środowiska wewnątrz.

Jak wiadomo, poziomy stężenie bioaerozolu podlegają zmienności sezonowej. W zależności od pory roku

Tabela 3. Zawartość guaniny w próbkach kurzu pobranego z powierzchni książek zgromadzonych w pomieszczeniach bibliotek
Table 3. Guanine content in the settled dust samples from book covers in the library rooms

Środowisko	Całkowita liczba próbek Total number of samples	Liczba próbek o zawartości guaniny Number of samples with guanine level of			
		PZ	+	++	+++
Pomieszczenia nieklimatyzowane / Rooms without air-conditioning	22	12	10	0	0
Pomieszczenia klimatyzowane/wentylowane / Air-conditioned/ventilated rooms	11	11	0	0	0

PZ — poziom zerowy; zawartości guaniny poniżej 0,6 mg/1 g kurzu / „zero” level: guanine content below 0.6 mg/1 g of settled dust.

„+” — zawartości guaniny od 0,6 do 2,5 mg/1 g kurzu / guanine content from 0.6 mg to 2.5 mg/1 g of settled dust.

“++” — zawartości guaniny od 2,5 do 10 mg/1 g kurzu / guanine content from 2.5 mg to 10 mg/1 g of settled dust.

“+++” — zawartości guaniny powyżej 10 mg/1 g kurzu / guanine content above 10 mg/1 g of settled dust.

zróznicowanie to obserwuje się zarówno w środowisku zewnętrznym, jak i w pomieszczeniach (18–20). Dane piśmiennictwa przedmiotu podają że atmosferyczne stężenia bakterii wahają się w granicach 2–3100 cfu/m³ wiosną, 18–1110 cfu/m³ latem i 20–2200 cfu/m³ jesienią. Różnice w liczebności tej grupy drobnoustrojów dostrzegalne są również w środowisku pomieszczeń, gdzie stężenia zawierają się w przedziałach 13–5900 cfu/m³ wiosną, 0–3850 cfu/m³ latem i 12–11 900 cfu/m³ jesienią. Aerozol grzybowy wykazuje w poszczególnych porach roku zróznicowanie ilościowe, podobne do aerozolu bakteryjnego. Zakresy stężeń w powietrzu atmosferycznym grzybów w poszczególnych porach roku kształtują się następująco: 90–8230 cfu/m³ wiosną, 30–4500 cfu/m³ latem i 40–4370 cfu/m³ jesienią. W środowisku pomieszczeń „normalne” poziomy stężeń tego typu bioaerozolu zawierają się w przedziałach: 2–1400 cfu/m³ wiosną, 45–2050 cfu/m³ latem i 9–580 cfu/m³ jesienią. Pomiar bioaerozoli w badanych bibliotekach zostały wykonane w umownie przyjętym „okresie letnim”, a uzyskane stężenia aerozolu bakteryjnego i grzybowego, na tle przedstawionych powyżej danych piśmiennictwa przedmiotu, mieściły się w zakresie normalnie obserwowanych o tej porze roku poziomów stężeń.

Przeprowadzone pomiary wykazały, że aktywność ludzi na stanowiskach pracy miała istotny wpływ na poziomy stężeń zarówno aerozolu bakteryjnego, jak i grzybowego w badanych pomieszczeniach ($p < 0,01$). Pomiary potwierdziły również, że pomieszczenia, w których zainstalowany jest sprawnie działający system klimatyzacji lub wentylacji, a szczelność tego typu wnętrz jest zachowana, są środowiskiem mniej zanieczyszczonym od pomieszczeń nieklimatyzowanych (1,21).

Porównanie stężeń bioaerozoli zmierzonych w badanych pomieszczeniach bibliotecznych z danymi uzyskanymi w środowisku bibliotek przez innych badaczy jest trudne zarówno ze względu na znikomą liczbę dostępnych publikacji, jak i ograniczenia metodyczne, tj. większość wyników otrzymano, stosując technikę sedymentacyjną. Pomiary przeprowadzone tą metodą nie są zgodne ze współczesnym stanem wiedzy i nie dają wiarygodnych wyników. W świetle najnowszych badań (16,18,22,23) pasywne metody poboru bioaerozoli mogą być stosowane wyłącznie w celu jakościowej (a nie ilościowej) oceny obecności mikroorganizmów w powietrzu. Dane uzyskane w wyniku tak przeprowadzonych doświadczeń mogą mieć zatem jedynie wartość orientacyjną. Badania prowadzone przez Górnego i wsp. (21) w środowisku pomieszczeń magazynowych bibliotek wykazały, że stężenia aerozoli bakteryjnych

i grzybowych mierzone metodą wolumetryczną (za pomocą impaktora Andersena) zawierają się zwykle w przedziale 10¹–10³ cfu/m³. Uwzględniając powyższe, można stwierdzić, że wartości stężeń uzyskane dla badanych pomieszczeń bibliotecznych zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego mieściły się w zakresie normalnie obserwowanych w tego typu pomieszczeniach.

Wyniki badań rozkładów ziarnowych mikroflory w powietrzu badanych pomieszczeń, przy jednoczesnym uwzględnieniu naturalnych rozmiarów dominujących w powietrzu grup bakterii i grzybów, pozwoliły na określenie form występowania badanych bioaerozoli oraz na opisanie ich potencjalnej głębokości penetracji w układzie oddechowym człowieka. Uzyskane rozkłady potwierdziły, że w badanych pomieszczeniach mikroorganizmy występowały w powietrzu w formie odpowiednio: bakterie jako pojedyncze komórki oraz jako małe agregaty bakteryjne lub bakteryjno-pyłowe, natomiast grzyby pleśniowe przeważnie jako pojedyncze spory, a w mniejszym stopniu jako duże agregaty grzybowe lub grzybowo-pyłowe. Na podstawie analizy rozkładów można stwierdzić, że w przypadku bioaerozolu złożonego z bakterii (głównie mezofilnych bakterii Gram-dodatnich) największy ich „ładunek” może dotrzeć w układzie oddechowym człowieka do regionu jamy nosowej i ustnej, gardła i tchawicy oraz oskrzelików, a w przypadku aerozolu grzybowego do rejonu tchawicy oraz oskrzeli pierwszorzędowych (8). Informacja ta ma szczególne znaczenie dla oceny skutków oddziaływania aerozoli biologicznych na organizm człowieka, bowiem miejsce depozycji szkodliwego czynnika decyduje zazwyczaj o rodzaju niekorzystnej reakcji zdrowotnej.

Analiza udziałów procentowych zidentyfikowanych grup drobnoustrojów w stosunku do całości mikroflory powietrza badanych pomieszczeń bibliotecznych wykazała dominującą rolę mezofilnych bakterii Gram-dodatnich i grzybów pleśniowych jako głównych grup tworzących bioaerozol tych pomieszczeń. Przedstawione relacje są zgodne z zaobserwowanymi wcześniej przez Górnego i wsp. (21) w tego typu środowisku wnętrz. W odniesieniu do mikroflory bakteryjnej występującej w powietrzu badanych pomieszczeń, ocena składu jakościowego (zwłaszcza gatunkowego) jest trudna ze względu na niewielką liczbę danych na ten temat w piśmiennictwie przedmiotu. Problem skażenia powietrza wewnętrznego bibliotek przez bakterie jest zwykle pomijany przez badaczy. W badanych pomieszczeniach, podobnie jak w innych tego typu wnętrzach bibliotecznych (21),

dominującymi jakościowo grupami mikroorganizmów były ziarenkowce Gram-dodatnie z rodzajów *Staphylococcus* i *Micrococcus/Kocuria* oraz laseczki z rodzaju *Bacillus*. Gatunki z rodzajów *Staphylococcus* i *Micrococcus* znajdowały prawdopodobnie w środowisku badanych pomieszczeń korzystne dla siebie warunki życiowe, co dodatkowo przy obecności ich potencjalnych źródeł wewnętrznej emisji powodowało zdecydowaną przewagę nad pozostałymi składnikami mikroflory. Głównym środowiskiem występowania laseczek z rodzaju *Bacillus* jest natomiast raczej środowisko zewnętrzne (gleba, rośliny itp.), z którego mikroorganizmy te mogły zostać przeniesione (np. na obuwiu, ubraniu, dłoniach czy włosach) przez pracowników wchodzących do pomieszczeń. Ponadto, bakterie te są zdolne do tworzenia przetrwalników (endospor) i w takim stanie mogą bytować w środowisku przez długi czas.

Skład jakościowy mikroflory grzybowej powietrza badanych pomieszczeń był zbliżony do charakterystyki, jaką podaje piśmiennictwo przedmiotu (2,4,5). Izolowane z powietrza badanych bibliotek gatunki, należące do 12 rodzajów grzybów (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cephalosporium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Scopulariopsis*, *Trichoderma* i *Trichothecium*), są uznawane za typowe dla tego rodzaju wnętrz (5). Wyraźną dominację wśród nich grzybów pleśniowych z rodzajów *Penicillium* i *Aspergillus* potwierdzają także inni badacze tego typu środowiska (1,5,21).

Porównanie mikroorganizmów obecnych w powietrzu pomieszczeń z tymi, które wyizolowano z pyłu osiadłego pobranego z powierzchni dokumentów, wykazało obecność analogicznych szczepów. Spośród mikroorganizmów bakteryjnych najczęściej izolowane z pyłu były Gram-dodatnie laseczki przetrwalnikujące z rodzaju *Bacillus*. Obecność tych bakterii w pyłe na powierzchniach książek i innych materiałów bibliotecznych jest dość powszechna. Te przetrwalnikujące bakterie, ze względu na swoje silne właściwości proteolityczne, często biorą udział w biodegradacji materiałów bibliotecznych (2,4). Drugie pod względem częstości izolacji były niezarodnikujące pałeczki Gram-dodatnie, które reprezentowane były przez szczepy z rodzaju *Brevibacterium*. Głównym źródłem występowania tych pałeczek jest środowisko zewnętrzne i z niego też wspomniane mikroorganizmy mogły zostać przyniesione przez pracowników wchodzących do pomieszczeń magazynowych. Bakterie te mogły też przeniknąć do powietrza magazynów wraz z powietrzem atmosferycznym i poprzez proces sedymentacji zostać zdeponowane

na powierzchni księgozbiorów w magazynach badanych bibliotek. Ostatnią grupę wyizolowanych z pyłu osiadłego bakterii stanowiły ziarenkowce Gram-dodatnie z rodzaju *Staphylococcus*. Bakterie te dominowały w składzie bioaerozolu pomieszczeń i prawdopodobnie proces ich sedymentacyjnego usuwania z powietrza lub bezpośredniej depozycji ze skóry oraz emisji z układu oddechowego spowodował ich obecność w pyłe osiadłym.

Spośród mikroorganizmów grzybowych najczęściej izolowane z pobranych próbek pyłu były grzyby pleśniowe z rodzajów *Penicillium*, *Aspergillus* i *Cladosporium*. Głównym środowiskiem ich występowania jest środowisko zewnętrzne (głównie gleba i rośliny), z którego ich spory mogą migrować do pomieszczeń na ubraniach, włosach pracowników oraz poprzez otwarte okna, drzwi i wszelkie inne nieszczelności danego pomieszczenia. W środowisku badanych pomieszczeń bibliotecznych spory te mogą bytować przez długi czas na sprzęcie codziennego użytku, elementach instalacji grzewczych i wentylacyjnych, materiałach budowlanych, na książkach i papierach, zachowując zdolność przeżycia nawet przez wiele lat. W sprzyjających warunkach środowiskowych, np. przy wysokiej (> 65%) wilgotności względnej powietrza, może dochodzić do ich szybkiego wzrostu i namnażania, co w konsekwencji może skutkować stworzeniem dodatkowego zagrożenia zdrowotnego pracowników (2,3,5).

Z punktu widzenia procesu niszczenia papieru populację grzybów, które izolowane są z książek i dokumentów, można podzielić według Niukšy (24) na 5 grup, tj. na:

1. Grzyby regularnie występujące na papierze, penetrujące włókna celulozowe, powodujące w końcowej fazie całkowitą ich dezintegrację.
2. Grzyby regularnie występujące na papierze i powodujące pewne naruszenie struktury papieru.
3. Grzyby rozkładające specyficzne składniki papieru, takie jak воск, parafina, syntetyczne polimery, kauczuk, celofan, laki, barwniki.
4. Grzyby, których obecność na papierze zależy od mikroflory środowiska.
5. Grzyby, których obecność związana jest z określoną biblioteką, a ich rozwój wynika z lokalnych warunków środowiska.

Według tej klasyfikacji w składzie mikroflory badanych bibliotek zidentyfikowano grzyby należące do grupy 1. (*Alternaria alternata*, *Chaetomium chartarum*), 2. (*Cephalosporium charticola*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus versicolor*, *Paecilomyces variotii*), 4. (grzyby z rodzaju *Penicillium*) i 5. (*Cladosporium*,

Geotrichum, *Mucor*, *Oidiodendron*, *Rhizopus*, *Trichothecium*, *Wallemia*).

Identyfikacja jakościowa bioaerozolu występującego w badanych pomieszczeniach pozwala na dokonanie oceny potencjalnych zagrożeń zdrowotnych związanych z jego oddziaływaniem na człowieka. W oparciu o 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 (25) stwierdzono, że w badanych pomieszczeniach bibliotecznych były izolowane w większości próbki bakterie z grupy saprofitów, których naturalnym środowiskiem występowania jest organizm człowieka (1. grupa zagrożenia), a ich udział w wywoływaniu schorzeń u ludzi zdrowych jest mało prawdopodobny. Z kolei bakterie z rodzajów *Actinomyces* (*Actinomyces* spp.), *Staphylococcus* (*S. aureus*), *Streptomyces* (*Streptomyces* spp.) zaliczane do 2. grupy zagrożenia, były rzadko izolowane, co oznacza, że pracownicy badanych bibliotek mogą być tylko sporadycznie narażeni na bezpośredni kontakt z tego typu biologicznymi czynnikami zagrożenia zawodowego.

Wśród grzybów wyizolowanych z powietrza badanych pomieszczeń występowały zarówno typowe organizmy saprofityczne zaliczane do 1. grupy zagrożenia, jak i szczepy z rodzajów *Alternaria* (*A. alternata*), *Aspergillus* (*A. fumigatus*), *Paecilomyces* (*P. variotii*), *Penicillium*, *Scopulariopsis* (*S. brevicaulis*), które są zaliczane do 2. grupy zagrożenia. Skutki takiego narażenia mogą mieć charakter bezpośrednich infekcji wywołanych np. przez *Trichoderma viride* czy *S. brevicaulis* (26,27) lub reakcji alergicznych typu dychawicy oskrzelowej, zapalenia spojówek, kataru siennego i czasami alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych poprzez kontakt z grzybami z rodzajów *Aspergillus* (*A. candidus*, *A. penicilloides*) czy *A. alternata* (14,28).

Szczególne zagrożenie dla zdrowia stanowić mogą też toksynotwórcze grzyby pleśniowe, głównie z rodzajów *Penicillium*, *Acremonium* (*A. strictum*, *A. charticola*), *Alternaria* (*A. alternata*), *Aspergillus* (*A. candidus*, *A. repens*, *A. glaucus*), *Fusarium*, *Paecilomyces* (*P. variotii*) czy *Trichoderma* (*T. viride*) (14,27–30). Ich wtórne metabolity (mikotoksyny), przedostając się do organizmu człowieka drogą pokarmową, mogą wykazywać działanie toksyczne, rakotwórcze, teratogenne, mutagenne oraz immunosupresyjne i immunotoksyczne (26,31,32).

W przeciwieństwie do stosunkowo dobrze poznanych skutków działania mikotoksyn przez przewód

pokarmowy wciąż mało wiadomo na temat ich przyczynowej roli w chorobach układu oddechowego. Sądzi się, że inhalacja toksyn grzybiczych może prowadzić do upośledzenia funkcji neuromotorycznych w drogach oddechowych, a wdychanie pyłu zawierającego aflatoksyny stwarza ryzyko powstawania nowotworów wątroby, tchawicy, płuc i oskrzeli. Sygnalizuje się również groźbę działania teratogennej mikotoksyn (31,32).

Wielu badaczy podkreśla, że ekspozycja na bioaerozole w pomieszczeniach, choć rzadko występuje jako samodzielny czynnik przyczynowy, w znaczącym stopniu wpływa na intensywność pojawiania się symptomów „syndromu chorego budynku” (sick building syndrome — SBS), takich jak bóle głowy, podrażnienia spojówek, błon śluzowych nosa i gardła, suchość skóry, zmęczenie, brak koncentracji i złe samopoczucie (16,33,34). Spośród biologicznych czynników indukujących niekorzystne reakcje zdrowotne typu SBS największe znaczenie mają endotoksyny i glukany (odpowiedzialne głównie za reakcje zapalne), mikotoksyny (powodujące reakcje toksyczne) i spory grzybów (wywołujące reakcje alergiczne) (26). Wszystkie te czynniki mające swe źródło w stwierdzonych analizach jakościową szczepach grzybów mogą wywoływać dodatkowo dyskomfort zdrowotny u narażonych pracowników badanych bibliotek.

Interpretacja ilościowa wyników pomiarów bioaerozoli w środowisku badanych pomieszczeń bibliotecznych jest utrudniona z uwagi na brak powszechnie uznanych wartości normatywnych czy referencyjnych. Niestety, jak dotąd zarówno w Polsce, jak i na świecie, nie ma powszechnie obowiązujących norm, które określałyby dopuszczalne stężenia drobnoustrojów w tego typu badanym środowisku. W związku z tym oceny higienicznej dokonano w oparciu o zalecane wartości dopuszczalnych stężeń szkodliwych czynników biologicznych w środowisku pracy opracowane przez Zespół Ekspertów ds. Czynników Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy (35). Uzyskane wartości stężeń bioaerozoli zmierzone na stanowiskach pracy w badanych pomieszczeniach bibliotecznych są niższe od wartości limitów referencyjnych dla bakterii i grzybów (w obu przypadkach — 5×10^3 cfu/m³) w pomieszczeniach użyteczności publicznej.

Oceny stanu higienicznego badanych pomieszczeń dokonano także w oparciu o kryteria biologicznej czystości wewnątrz zaproponowane w raporcie Komisji Wspólnoty Europejskiej z 1993 r. (22). Według

powyższej klasyfikacji, biorąc pod uwagę rejestrowane średnie wartości stężeń aerozolu bakteryjnego na stanowiskach pracy, badane pomieszczenia biblioteczne nieklimatyzowane można zaklasyfikować do pierwszej kategorii — pomieszczeń o „niskim stężeniu bakterii”, a pomieszczenia klimatyzowane/wentylowane do drugiej kategorii — pomieszczeń o „bardzo niskim stężeniu bakterii”. Natomiast średnie wartości stężeń aerozolu grzybowego w badanych pomieszczeniach (zarówno nieklimatyzowanych, jak i klimatyzowanych/wentylowanych) pozwalają na zaklasyfikowanie tych pomieszczeń do II kategorii o „niskim stężeniu grzybów”.

W odniesieniu do środowiska zewnętrznego obowiązują nadal dwie Polskie Normy dotyczące stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego bakteriami (36) i grzybami (37). Porównanie zmierzonych wartości stężeń bioaerozoli z wartościami powyższych norm pozwala stwierdzić, że koncentracja aerozolu bakteryjnego i grzybowego występującego w powietrzu na zewnątrz badanych bibliotek zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego nie przekraczała wartości proponowanych dla powietrza czystego.

Z danych przedstawionych w piśmiennictwie przedmiotowi wynika, że stała ekspozycja na kurz zawierający 0,6 mg guaniny na 1 g suchej masy kurzu — co odpowiada stężeniu alergenów roztoczy grupy 1. powyżej 2 µg na 1 g kurzu (31) — zwiększa ryzyko wystąpienia uczulenia oraz rozwoju nadreaktywności oskrzeli i objawów astmy u osób uczulonych (6). Wziąwszy to pod uwagę, w około połowie badanych próbek pyłu (kurzu), pobranych w pomieszczeniach nieklimatyzowanych, stwierdzono występowanie podwyższonego poziomu alergenu roztocowego. Wskazuje to, że zatrudnieni w tych bibliotekach pracownicy są narażeni na kontakt z tego typu biologicznym czynnikiem zagrożenia zawodowego i występowanie reakcji alergicznych powodowanych tą ekspozycją jest możliwe.

Badania mające na celu ocenę liczebności roztoczy i wyznaczenie stężeń ich alergenów w próbkach kurzu, pobranych z bibliotek zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego, prowadzone były dotychczas przez Solarza (7). Obejmowały one jednak tylko 2 biblioteki, w których pobrano łącznie 14 próbek kurzu z powierzchni podłóg, tapicerowanych mebli, zasłon, półek i książek. W 7 analizowanych próbkach, stwierdzono podwyższony poziom stężeń guaniny (tj. od 0,6 do 2,5 mg/1 g kurzu). Jak powszechnie wiadomo, największy rozwój roztoczy następuje w optymalnych dla nich warunkach, tj. przy wilgotności 60–80% i temperaturze 20–25°C (6). Spadek wilgotności i ciepłoty

w pomieszczeniach powoduje eliminację roztoczy ze środowiska. Wartości temperatury i wilgotności powietrza w bibliotekach badanych przez Solarza kształtowały się na poziomach odpowiednio 23,0–25,0°C i 59,0–76,0% i przekraczały, szczególnie w odniesieniu do wartości wilgotności względnej powietrza, parametry powietrza w pomieszczeniach bibliotecznych badanych w niniejszej pracy. Można zatem sądzić, że warunki mikroklimatyczne w pomieszczeniach bibliotek badanych w niniejszej pracy nie sprzyjały nadmiernemu rozwojowi tych pajęczaków.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że stan higieniczny badanych bibliotek zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego w zakresie ich czystości mikrobiologicznej jest dobry. Stężenia aerozolu bakteryjnego i grzybowego w badanych pomieszczeniach bibliotecznych są niskie i nie przekraczają proponowanych wartości dopuszczalnych dla tego typu wnętrz. Stwierdzono, że powietrze w pomieszczeniach, w których system klimatyzacyjny lub wentylacyjny działa sprawnie, jest środowiskiem mikrobiologicznie mniej zanieczyszczonym niż w pomieszczeniach nieklimatyzowanych.

Wśród składników bioaerozolu i pyłu osiadłego badanych pomieszczeń stwierdzono obecność bakterii i grzybów pleśniowych zaliczanych do 2. grupy zagrożenia, co oznacza, że pracownicy bibliotek mogą być narażeni na bezpośredni kontakt z biologicznymi czynnikami zagrożenia zawodowego. Stała ekspozycja pracowników bibliotek na kurz charakteryzujący się podwyższonym poziomem alergenów roztoczy oraz wdychanie pyłu zanieczyszczonego grzybami pleśniowymi, mogącymi działać toksycznie i alergogennie, może przyczynić się do pojawiania się dolegliwości zdrowotnych o charakterze alergicznym i symptomów typu SBS.

PIŚMIENNICTWO

1. Lugauskas A., Krikštaponis A.: Microscopic fungi found in the libraries of Vilnius and factors affecting their development. *Indoor Built Environ.* 2004;13:169–182
2. Strzelczyk A.B.: Zmiany estetyczne i strukturalne wywołane w zabytkach przez drobnoustroje. Konferencja: Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych. Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej, Łódź 2001, ss. 28–33
3. Zyska B.: *Biologia książki*. Cz. I. Wydawnictwo Wojewódzkiej Biblioteki Publicznej, Katowice 1996, ss. 5–49
4. Zyska B.: Problems of microbial deterioration of materials in Eastern Europe. *Int Biodeterior. Biodegrad.* 2001;49:73–83

5. Zyska B., Żakowska Z.: Mikrobiologia materiałów. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2005, ss. 161–179
6. Bousquet J., van Cauwenberge P., Khaltaev N. Aria Workshop Group. World Health Organization: Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma: Workshop Report. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2001;108, Supl. 5:147–334
7. Solarz K.: The allergenic acarofauna of house dust from dwellings, libraries and institutes in Upper Silesia (Poland). *Ann. Agric. Environ. Med.* 1998;5:73–85
8. Owen M.K., Ensor D.S.: Airborne particles size and sources found in indoor air. *Atmos. Environ.* 1992;12(26A):2149–2162
9. Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H.: Compendium of soil fungi. IHV Verlag, Eching 1993
10. Klich M.A.: Identification of common *Aspergillus* species. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht 2002
11. Litwinow M.A.: Opriedielitel Mikroskopiczeskich Poczwiennych Gribow. Izdatielstwo Nauka, Leningrad 1967
12. Samson R.A., Hoekstra E.S., Frisvad J.C., Filtenborg O.: Introduction to food- and airborne fungi. Sixth Edition. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht 2000
13. Samson R.A., Hoekstra E.S., Frisvad J.C.: Introduction to food- and airborne fungi. Seventh Edition. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht 2004
14. St-Germain G., Summerbell R.: Identifying Filamentous Fungi. Star, Belmont 1996
15. Guidelines for the assessment of bioaerosols in the indoor environment. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati 1999
16. Cox C.S., Wathers C.M.: Bioaerosols Handbook. Lewis Publishers/CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida 1995
17. Nevalainen A.: Bacterial Aerosols in Indoor Air [praca doktorska]. National Public Health Institute, Helsinki 1989
18. Górny R.L., Dutkiewicz J.: Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2002;9:17–23
19. Holt G.L.: Seasonal indoor/outdoor fungi ratios and bacteria levels in non-complaint office buildings. Proceedings of the Fifth International Conference. *Indoor Air Qual. Clim.* 1990;2:33–38
20. Pastuszka J.S., Kyaw Tha Paw U., Lis D.O., Wlazło A., Ulfing K.: Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmos. Environ.* 2000;34:3833–3842
21. Górny R.L., Wlazło A., Krysińska-Traczyk E., Strzelczyk A.B., Lis D.O., Łudzeń-Izbińska B. i wsp.: Microbial contamination of water-damaged storerooms at libraries. *Proc. Indoor Air* 2005;2:1464–1468
22. Biological Particles in Indoor Environment. W: Indoor Air Quality and Its Impact on Man. Commission of the European Communities. Report No. 12, Luxembourg 1993
23. Dutkiewicz J., Górny R.L.: Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia — klasyfikacja i kryteria oceny narażenia. *Med. Pr.* 2002;53(1):29–39
24. Niukša J.P.: Biodeterioration of paper and books. The Library of Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg 1993
25. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 roku 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
26. Baran E. [red.]: Zarys mikologii lekarskiej. Volumed, Wrocław 1998
27. Piontek M.: Grzyby pleśniowe. Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra 1999
28. Dutkiewicz J., Śpiewak R., Jabłoński L.: Klasyfikacja szkodliwych czynników biologicznych występujących w środowisku pracy oraz narażonych na nie grup zawodowych. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 1999
29. Chełkowski J.: Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy. Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego — Akademii Rolniczej, Warszawa 1985
30. De Hoog G.S.: Risk assessment of fungi reported from humans and animals. *Mycoses* 1996;39:407–417
31. Dutkiewicz J., Jabłoński L.: Biologiczne szkodliwości zawodowe. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1989
32. Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej: Kryteria Zdrowotne Środowiska — Mikotoksyny. T. 11. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1984
33. Burge H.A.: The sick building syndrome: where are we in 1992? *Indoor Environ.* 1992;1:199–203
34. Holmberg K.: Indoor mould exposure and health effects. *Proc. Indoor Air* 1987;1:637–642
35. Międzyresortowa Komisja ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy: XLVII Posiedzenie Komisji ds. NDS i NDN. *Bezpiecz. Pr.* 2005;1:22–23
36. Polska Norma PN-89/Z-04111/02: Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu prób metodą aspiracyjną i sedymentacyjną
37. Polska Norma PN-89/Z-04111/03: Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu prób metodą aspiracyjną i sedymentacyjną