



mgr MAŁGORZATA GOŁOFIT-SZYMCZAK
dr JOLANTA SKOWROŃ
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Zagrożenia mikrobiologiczne w pomieszczeniach biurowych

Wprowadzenie

Szkodliwe czynniki biologiczne stwarzające zagrożenie zawodowe są to takie mikro- i makroorganizmy oraz struktury i substancje wytwarzane przez te organizmy, które występując w środowisku pracy wywierają szkodliwy wpływ na organizm ludzki i mogą być przyczyną chorób oraz dolegliwości pochodzenia zawodowego (definicja przyjęta przez Zespół Ekspertów ds. Czynników Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN).

Szkodliwe czynniki biologiczne, pod względem rodzaju działania chorobotwórczego na organizm człowieka, można podzielić na następujące grupy:

- czynniki wywołujące choroby zakaźne i inwazyjne (np. wirusy, bakterie, grzyby)
- alergeny biologiczne (np. cząstki roślinne i zwierzęce)
- toksyny biologiczne (np. endotoksyna bakteryjna, mikotoksyny)
- czynniki rakotwórcze (aflatoksyny – toksyny o właściwościach rakotwórczych, wytwarzane głównie przez grzyby *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*)
- biologiczne wektory, czyli stawonogi przenoszące zarazki chorób transmisyjnych (np. kleszcze, komary) [1, 2, 3].

W zależności od zdolności wywoływania zakażenia, szkodliwe czynniki biologiczne podzielono na cztery grupy ryzyka zawodowego:

- grupa 1. – czynniki, które prawdopodobnie mogą być przyczyną chorób u ludzi
- grupa 2. – czynniki, które mogą wywoływać chorobę u ludzi i mogą być szkodliwe dla pracowników; jest mało

Czynniki biologiczne, na jakie może być narażony pracownik w pomieszczeniu biurowym, są bakterie, grzyby oraz wytwarzane przez nie struktury i substancje. W artykule omówiono zanieczyszczenia mikrobiologiczne, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia osób narażonych na ich działanie. Mogą one wywoływać choroby alergiczne oraz infekcje dróg oddechowych.

Microbiological contaminants in office buildings

Biological contamination of indoor air in office buildings includes bacteria and their spores, fungi, fungal spores and metabolic products from the microorganisms. Indoor biological contaminants can be responsible for a variety of adverse health effects. Physical symptoms related to biological contamination include allergy, hypersensitivity, and infectious diseases.

prawdopodobne, że występują powszechnie w środowisku; istnieją skuteczne metody profilaktyki i leczenia

- grupa 3. – czynniki mogące wywołać ciężki przebieg choroby u ludzi i ich obecność jest poważnym zagrożeniem dla zdrowia pracowników; mogą występować powszechnie w środowisku; istnieją skuteczne metody profilaktyki i leczenia
- grupa 4. – czynniki, które wywołują ciężki przebieg choroby u ludzi i są poważnym zagrożeniem dla zdrowia pracowników; ich obecność w środowisku pracy wiąże się z dużym ryzykiem; brak skutecznych metod profilaktyki i leczenia [1, 2].

Drobnoustroje w powietrzu występują najczęściej w postaci bioaerozoli, czyli układów zawierających fazę rozpraszającą (powietrze) oraz fazę rozproszoną w postaci drobnych cząstek cieczy, kurzu pochodzenia roślinnego, zwierzęcego czy też mineralnego. W powietrzu atmosferycznym znajdują się między innymi zarodniki i konidia grzybów oraz bakterie i ich przetrwalniki. Organizmy te, w wyniku procesów chemicznych, wydzielają także różne substancje chemiczne o bardzo złożonym składzie – endotoksyny, enterotoksyny, enzymy i mikotoksyny.

Mikotoksyny to bardzo toksyczne metabolity wtórne wytwarzane przez

niektóre gatunki grzybów pleśniowych. Substancje te u ludzi powodują zapalenia skóry oraz zatrucia z następującymi objawami: bóle głowy, biegunki, zaburzenia mechanizmów immunologicznych oraz uszkodzenia wątroby i nerek. Znaczna grupa mikotoksyn ma działanie mutagenne i rakotwórcze, np. aflatoksyny, wytwarzane przez gatunki z rodzaju *Aspergillus*. Mikotoksyny wywołują również zaburzenia w funkcjonowaniu ośrodkowego układu nerwowego.

Endotoksyny są związkami wytwarzanymi przez ściany komórkowe bakterii Gram-ujemnych. Należą do związków o szerokim spektrum działania toksycznego i decydują o właściwościach patogennych bakterii. Endotoksyny wdychane przez człowieka wraz z kurzem mogą być przyczyną podwyższonej temperatury ciała, trudności w oddychaniu, zmiany liczby leukocytów we krwi, hipoglikemii, hipotensji, wstrząsu oraz mogą zaostrzać przebieg astmy oskrzelowej [3, 4, 5, 6].

W ciągu ostatnich lat w Polsce nastąpił dynamiczny wzrost liczby obiektów budowlanych przeznaczonych do pracy biurowej. Wzrosła również liczba pracowników zatrudnionych w takich obiektach. Osoby zatrudnione na stanowiskach biurowych często skarżą się na zmęczenie, uczucie duszności, bóle i zawroty głowy,

Tabela

PROPOZYCJE ZESPOŁU EKSPERTÓW DS. CZYNNIKÓW BIOLOGICZNYCH ZALECANYCH STĘŻEŃ DROBNOUSTROJÓW I ENDOTOKSYNY W POWIETRZU POMIESZCZEŃ

Proposals of recommendations value for microbiological agents and endotoxin in indoor environments by Group of Experts for Biological Agents

Czynnik mikrobiologiczny	Dopuszczalne stężenie	
	Pomieszczenia robocze zanieczyszczone pyłem organicznym	Pomieszczenia mieszkalne i użyteczności publicznej
Bakterie mezofilne	100 000 CFU/m ³ *)	5000 CFU/m ³
Bakterie Gram-ujemne	20 000 CFU/m ³ *)	200 CFU/m ³
Termofilne promieniowce	20 000 CFU/m ³ *)	200 CFU/m ³
Grzyby	50 000 CFU/m ³ *)	5000 CFU/m ³
Endotoksyna bakteryjna	200 ng/m ³ (2000 EU/m ³) **)	5 ng/m ³ (50 EU/m ³)
Czynniki z 3. i 4. grupy zagrożenia	0 CFU/m ³	0 CFU/m ³

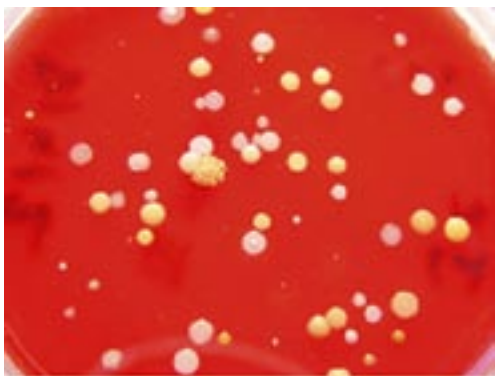
*) dla frakcji respirabilnej proponowane wartości powinny być o połowę niższe i wynosić: 50 000 CFU/m³ dla bakterii mezofilnych, 10 000 CFU/m³ dla bakterii Gram-ujemnych, 10 000 CFU/m³ dla termofilnych promieniowców, 25 000 CFU/m³ dla grzybów i 100 ng/m³ (1000 EU/m³) dla endotoksyny bakteryjnej

***) EU – jednostki endotoksyniczne (*endotoxin units*)
CFU – jednostki tworzące kolonie (*colony forming units*)

drażliwość, obniżenie zdolności koncentracji uwagi, zaburzenia pamięci, podrażnienie błon śluzowych oczu i górnych dróg oddechowych, zmiany skórne oraz nieżyty dróg oddechowych. Dolegliwości te zostały nazwane „zespołem chorego budynku” (SBS). Przyczynami opisanych objawów mogą być zanieczyszczenia chemiczne, pyłowe, a także czynniki biologiczne, niewłaściwe parametry mikroklimatu, hałas, drgania mechaniczne, pola elektromagnetyczne, promieniowanie optyczne oraz elektryczność statyczna [7].

Źródła zanieczyszczeń

Źródłem zanieczyszczeń biologicznych w powietrzu środowiska pomieszczeń pracy biurowej mogą być ludzie, pyły pochodzenia organicznego, materiały gromadzone w budynkach oraz powietrze przenikające przez systemy wentylacyjno-klimatyzacyjne.



Wzrost różnych rodzajów bakterii na podłożu agarowym z krwią

Growth of bacteria colonies of various species in blood agar

Szacuje się, że większość problemów zdrowotnych związanych z jakością powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach biurowych wiąże się z narażeniem na grzyby, głównie na grzyby pleśniowe. Stanowią one ok. 70% całkowitej mikroflory powietrza w pomieszczeniach. Badania powietrza w budynkach biurowych w USA i Brazylii wykazały obecność trzech gatunków grzybów: *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.* i *Cladosporium spp.* [8, 9]. Grzyby pleśniowe są często czynnikiem alergizującym, mogącym wpływać na rozwój astmy, alergicznych nieżytów nosa, zapalenia spojówek i nieżytów przewodu pokarmowego.

Bakterie stanowią na ogół 19–26% mikroflory powietrza w pomieszczeniach zamkniętych, w tym w pomieszczeniach biurowych. Większość bakterii nie stanowi zagrożenia zdrowotnego w normalnych warunkach środowiskowych, czyli przy niskich stężeniach tych mikroorganizmów w powietrzu, jednak część z nich wykazuje właściwości chorobotwórcze, alergizujące lub toksyczne. W powietrzu wewnętrznym może występować kilkadziesiąt gatunków bakterii. Wśród nich przeważają gatunki z rodzaju *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Micrococcus* i *Streptomyces* (promieniowce) [9].

Ocena zanieczyszczenia powietrza

Ocena zanieczyszczenia powietrza szkodliwymi czynnikami biologicznymi jest problemem bardzo aktualnym i istotnym z uwagi na zdrowie ludzi. Wspólnota Europejska wydała **Dyrektywę 2000/54/**

WE, która dotyczy ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na czynniki biologiczne w miejscu pracy. Dyrektywa określa obowiązki pracodawcy w zakresie ochrony pracowników przed narażeniem na czynniki biologiczne, zawiera klasyfikację czynników biologicznych, które stanowią zagrożenie w miejscu pracy oraz opisuje środki bezpieczeństwa i strefy bezpieczeństwa w miejscach pracy, gdzie występuje narażenie na czynniki szczególnie niebezpieczne [1, 2].

Wobec zagrożeń związanych z obecnością szkodliwych czynników biologicznych w pomieszczeniach konieczna jest regularna jakościowa i ilościowa kontrola poziomu mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza.

Warunki pobierania mikrobiologicznych prób powietrza na stanowiskach pracy w odniesieniu do mikroorganizmów (ich całkowitej liczby oraz liczby mikroorganizmów zdolnych do wzrostu) i endotoksyn bakteryjnych określa **norma PN-EN 13098 Powietrze na stanowiskach pracy – Wytyczne dotyczące pomiaru zawieszonych w powietrzu mikroorganizmów i endotoksyn**. Norma zawiera podstawowe definicje, zaleca stosowanie metod wolumetrycznych, dopuszcza możliwość oceny stopnia mikrobiologicznego skażenia powietrza przez oznaczenie składników komórek mikroorganizmów oraz pierwotnych i wtórnych metabolitów [10]. Informacje dotyczące metod poboru prób, warunków transportu, przechowywania i wyznaczania poziomu endotoksyn bakteryjnych określa norma **PN-EN 14031 Powietrze na stanowiskach pracy – Oznaczanie zawieszonych w powietrzu endotoksyn** [11].

Obecnie nie ma na świecie uregulowań prawnych, które podawałyby wartości dopuszczalne stężeń mikroorganizmów na stanowiskach pracy. Oceny narażenia zawodowego na czynniki biologiczne można dokonać na podstawie wartości zalecanych dopuszczalnych stężeń mikroorganizmów i endotoksyny w powietrzu pomieszczeń zamkniętych. Od wielu lat krajowe komitety specjalistów, niezależne grupy naukowców i indywidualni badacze proponują zakresy wartości dopuszczalnych stężeń szkodliwych czynników biologicznych w pomieszczeniach zamkniętych [12].

Zespół Ekspertów ds. Czynniki Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN zaproponował przyjęcie **zalecanych** wartości dopuszczalnych stężeń najpowszechniejszych kategorii mikroorganizmów i endotoksyny bakteryjnej w powietrzu zarówno przemysłowego środowiska pracy, jak i nieprzemysłowe-

go środowiska wewnątrz (tabela). Obecność w powietrzu w środowisku pracy drobno-ustrojów wysoce zakaźnych z 3. i 4. grupy zagrożenia, niezależnie od stwierdzonego stężenia, należy zawsze uznać za niedopuszczalne. Zalecane przez ten Zespół wartości będą pomocne w interpretacji wyników pomiarów szkodliwych czynników biologicznych w środowisku pracy, podjęciu działań profilaktycznych.

Pomiary i ich wyniki

Pomiary zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego w klimatyzowanych i nieposiadających systemów klimatyzacyjnych budynkach biurowych w Warszawie, wykonane przez zespół Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego, wykazały obecność głównie dwóch gatunków grzybów: *Penicillium spp.* i *Aspergillus spp.* Stężenia grzybów w powietrzu badanych budynków nie przekroczyły wartości zalecanych (tabela), ale stwierdzono obecność grzybów zaliczonych do drugiej grupy ryzyka, czyli do czynników, które mogą wywołać chorobę u ludzi oraz mogą być szkodliwe dla pracowników: *Streptococcus viridans*, *Candida spp.*, *Candida glabrata*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*. Najczęściej występujące grzyby z rodzaju *Aspergillus* są zaliczane do czynników alergicznych i toksycznych (*A. flavus*) oraz wywołujących choroby zakaźne i inwazyjne (*A. fumigatus*, *A. niger*).

Dominującą mikroflorę bakteryjną w badanych budynkach stanowiły bakterie ziarniaki Gram-dodatnie *Micrococcus*, *Staphylococcus epidermidis* oraz laseczki z rodzaju *Bacillus*. Stężenia bakterii w badanych budynkach nie przekroczyły wartości zalecanych (tabela). W budynkach z systemami klimatyzacyjnymi, stężenia bakterii były niższe niż w budynkach bez systemów klimatyzacyjnych. Stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza w pomieszczeniach badanych budynków był zależny od liczby osób przebywających w danym pomieszczeniu, od intensywności ich przemieszczania się oraz od sprawności systemu wentylacyjnego lub jego braku.

W instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych istnieją sprzyjające warunki do rozwoju bakterii z rodzaju *Legionella*, które mogą być przyczyną legionellozy (Choroby Legionistów) i gorączki Pontiac. Legionelloza charakteryzuje się szybko postępującym zapaleniem płuc z wysoką gorączką (powyżej 40°C), dreszczami, złym samopoczuciem, suchym kaszlem, biegunką, objawami neurologicznymi,

objawami uszkodzenia wątroby, bradykardią. Gorączka Pontiac przebiega znacznie łagodniej i ma przebieg podobny do grypy. Do zakażenia dochodzi, gdy do układu oddechowego człowieka dostanie się aerozol wodno-powietrzny zawierający bakterie z rodzaju *Legionella*. Osobami szczególnie narażonymi na zakażenie drogą inhalacyjną są osoby o obniżonej odporności i palące papierosy [13].

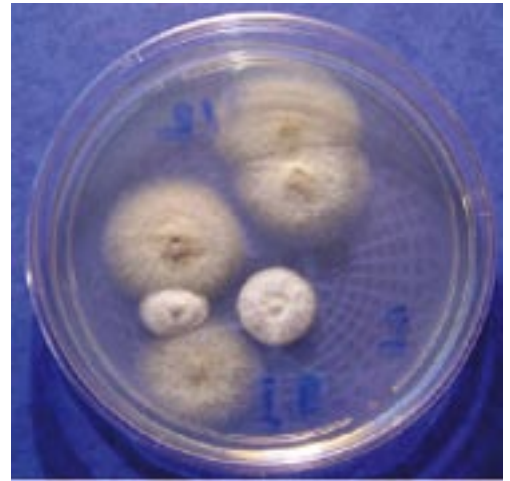
W próbkach powietrza pobranych w budynkach z systemami klimatyzacyjnymi w Warszawie nie stwierdzono obecności bakterii z rodzaju *Legionella*. W celu wykluczenia obecności pałeczek *Legionella* w systemach klimatyzacyjnych wskazane jest wykonanie izolacji i identyfikacji bakterii z próbek wody pobranych z urządzeń nawilżających i chłodniczych wchodzących w skład instalacji klimatyzacyjnej [14].

Analiza wyników badań i oceny występowania czynników biologicznych w środowisku pracy pomieszczeń w budynkach biurowych w Warszawie stanowiła podstawę do opracowania odpowiednich zaleceń organizacyjnych dotyczących kształtowania środowiska pracy w tych pomieszczeniach. W celu uzyskania właściwej czystości powietrza w odniesieniu do czynników biologicznych, w szczególności grzybów pleśniowych oraz bakterii, należy zapewnić:

- prawidłowe funkcjonowanie i konserwację systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych, w pomieszczeniach biurowych wyposażonych w takie systemy
- odpowiednie przewietrzanie pomieszczeń w celu zapobiegania tworzenia się „grzybni”, w przypadku braku systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Dyrektywa 2000/54/EC z 17 września 2000 r. dotycząca ochrony pracowników przed działaniem czynników biologicznych w pracy
- [2] Dutkiewicz J. Dyrektywa 2000/54 WE a strategia wykonywania pomiarów czynników biologicznych zakładach pracy. „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy”, 2004 3(41): 9-16
- [3] Skowroń J., Gołofit-Szymczak M. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne powietrza w środowisku pracy – źródła, rodzaje i oznaczanie. „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna”, 2004 37(1):91-98
- [4] Flannigan B. Allergic and toxigenic microorganisms in houses. „Journal of Applied Bacteriology”, Symposium Supplement, 1991, 70: 61-73
- [5] Ochmański W., Barabasz W. Mikrobiologiczne zagrożenia budynków i pomieszczeń mieszkalnych oraz



Kolonie grzybów pleśniowych na podłożu Sabouraud
Mould colonies in Sabouraud agar

ich wpływ na zdrowie (syndrom chorego budynku). „Przegląd Lekarski”, 2000 57 (7-8): 419-423

- [6] Dutkiewicz J. Bacteria and fungi in organic dust as potential health hazard. Ann. Agric. Environ. Med. 1997 4:11-16
- [7] Jarońska D. Wybrane zagadnienia zdrowotnych następstw narażenia na zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego. W: Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce '97. Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998
- [8] Reynolds S.J., Black D.W., Borin S.S., Breuer G., Burmeister L.F., Fuortes L.J., Smith T.F., Stein M.A., Subramanian P., Thorne P.S., Whitten P. Indoor environmental quality in six commercial office buildings in the Midwest United States. „Applied Occupational and Environmental Hygiene”, 2001 16(11):1065-1077
- [9] Brickus L.S.R., Siqueira L.F.G., Aquino Neto F.R., Cardoso J.N. Occurrence of airborne bacteria and fungi in bayside offices in Rio de Janeiro, Brazil. Indoor Built Environment, 1998 7(5-6):270-275
- [10] PN-EN 13098:2002 Powietrze na stanowiskach pracy – Wytężenie dotyczące pomiaru zawieszonych w powietrzu mikroorganizmów i endotoksyn
- [11] PN-EN 14031:2004 Powietrze na stanowiskach pracy – Oznaczanie zawieszonych w powietrzu endotoksyn
- [12] Górny R.L. Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych. „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy”, 2004 3(41): 17-39
- [13] Stojek N.M. Zagrożenia bakteriami z rodzaju *Legionella* w środowisku pracy. „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy”, 2004 3(41): 61-67
- [14] Stypułkowska-Misiurewicz H., Krogulska B., Pancer K., Matuszewska R. Metodyka wykrywania i oznaczania bakterii z rodzaju *Legionella* w środowisku wodnym i w materiale klinicznym. PZH, Warszawa 2001

Publikacja opracowana na podstawie wyników badań objętych projektem celowym zamianowanym nr PCZ 15-21 pt. „System kształtowania jakości powietrza w budynkach biurowych (profilaktyka tzw. zespołu chorego budynku) dofinansowanym przez Komitet Badań Naukowych i Ministerstwo Gospodarki i Pracy w latach 2001-2004. Wykonawca: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy