

Zagrożenia mikrobiologiczne w środowisku pomieszczeń

Microbiological hazards in the indoor environment

Magdalena Korta-Pełtowska^(b, c), Maria Jolanta Chmiel^(a, b, d), Krzysztof Frączek^(b, c)

Katedra Mikrobiologii

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Kierownik Katedry: dr hab. inż. M. J. Chmiel

Rektor Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie prof. dr hab. inż. W. Sady

^(a) koncepcja

^(b) opracowanie tekstu

^(c) zebranie piśmiennictwa

^(d) merytoryczny nadzór nad ostateczną wersją artykułu

STRESZCZENIE

W przedstawionej pracy przedstawiono zagrożenia związane z występowaniem szkodliwych czynników biologicznych w budynkach mieszkalnych ze szczególnym uwzględnieniem syndromu chorego budynku (SBS) oraz zespołu chorób związanych z budynkiem (BRI) a pojawiających się w następstwie przebywania ludzi w nadmiernie zanieczyszczonym środowisku wewnętrznym. Opisano podstawowe źródła zanieczyszczeń i problemy związane z korozją mikrobiologiczną materiałów budowlanych, metody badań powierzchni i powietrza oraz kryteria oceny stopnia zanieczyszczenia środowiska wewnętrznego.

Słowa kluczowe: jakość powietrza, mikroorganizmy, środowisko pomieszczeń

ABSTRACT

The present paper discusses harmful biological agents in buildings with particular emphasis on Sick Building Syndrome (SBS) and a set of diseases associated with the building (Building Related Illnesses – BRI), appearing as the consequence of humans staying in excessively polluted indoor environment. The article briefly describes the basic sources of biological pollution, the problems associated with microbiological corrosion of construction materials, methods used for the testing of surface and air contamination by microorganisms and the criteria for assessing the degree of the indoor environment pollution.

Keywords: air quality, microorganisms, indoor environment

WSTĘP

Problematyka jakości powietrza wewnętrznego stała się w ostatnich latach przedmiotem szczególnego zainteresowania zwłaszcza w świetle badań dokumentujących, że przeciętny współczesny Europejczyk spędza ponad 80% czasu w różnych pomieszczeniach. Wzrost świadomości społeczeństwa na temat zagrożeń związanych z nieodpowiednią jakością powietrza wewnątrz budynków mieszkalnych coraz częściej wymusza działania zmierzające do jego poprawy. Należy podkreślić, że na jakość powietrza wewnętrznego mają wpływ nie tylko za-

nieczyszczenia występujące wewnątrz pomieszczeń, ale również te, pochodzące ze środowiska zewnętrznego. Powietrze może zawierać zanieczyszczenia fizyczne, chemiczne oraz biologiczne, natomiast biorąc pod uwagę zanieczyszczenia generowane wewnątrz budynków warto zauważyć, że na jakość powietrza mają wpływ także materiały konstrukcyjne, wykończeniowe oraz wyposażenie pomieszczeń i emitowane przez nie zanieczyszczenia [1]. Często zwraca się też uwagę, że pogarszająca się jakość powietrza wewnętrznego może być jedną z przyczyn wystąpienia coraz większej ilości chorób przewlekłych i tzw. chorób cywilizacyjnych.

SZKODLIWE CZYNNIKI BIOLOGICZNE W BUDYNKACH MIESZKALNYCH

Biorąc pod uwagę ilość czasu spędzanego w budynkach jakość powietrza wewnętrznego ma większy wpływ na samopoczucie i zdrowie ludzi niż jakość powietrza atmosferycznego. Obecnie rośnie na świecie liczba osób, które doświadczają problemów zdrowotnych w efekcie przebywania w nadmiernie zanieczyszczonych pomieszczeniach mieszkalnych. Dlatego też zapewnianie odpowiedniej jakości powietrza wewnątrz pomieszczeń coraz częściej staje się priorytetem i głównym determinantem zdrowia osób przebywających w pomieszczeniach. W ostatnich latach coraz częściej zwraca się uwagę na powszechne występowanie w powietrzu wewnętrznym zanieczyszczeń biologicznych w formie bioaerozoli. Bioaerozole to układy dyspersyjne, w których fazą rozpraszającą jest powietrze, a fazą rozproszoną są mikroorganizmy oraz produkty ich metabolizmu, a także cząstki utworzone z substancji organicznych i nieorganicznych. Wśród mikroorganizmów obecnych w powietrzu znajdują się wirusy, komórki lub fragmenty komórek bakterii, fragmenty grzybn i zarodniki grzybów a także pierwotniaki [2, 3]. Zanieczyszczenia biologiczne (bioaerozole) mogą stanowić od 5 do nawet 34% wszystkich zanieczyszczeń występujących w powietrzu wewnętrznym [4]. Zmiany w technologii budowlanej oraz stosowanie szczelnych, plastikowych okien i systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych stają się przyczyną wzrostu ilości zanieczyszczeń biologicznych w pomieszczeniach mieszkalnych. Ponadto zanieczyszczenia biologiczne obecne w pomieszczeniach mogą pochodzić zarówno ze źródeł wewnętrznych, jak i zewnętrznych. Mikroorganizmy obecne w powietrzu zewnętrznym mogą przedostawać się do pomieszczeń przez drzwi i otwory okienne, a także przenikać do pomieszczeń wraz z infiltrującym powietrzem zewnętrznym przez szczeliny i pęknięcia oraz wszelkiego rodzaju nieszczelności w konstrukcji budynków.

SYNDROM CHOREGO BUDYNKU (SBS – SICK BUILDING SYNDROME)

Wraz z rozwojem cywilizacji stan czystości powietrza atmosferycznego, a także powietrza w pomieszczeniach zamkniętych, w których przebywają ludzie, stale drastycznie się pogarsza. Zagrożenia wynikające z obecności drobnoustrojów w powietrzu to nie tylko bezpośrednie zagrożenia zdrowia (choroby zakaźne: wirusowe, bakteryjne, grzybowe

i pierwotniacze, a także: choroby alergiczne, zatrucia endotoksynami i mikotoksynami), ale także zagrożenia w przemyśle (spożywczym, farmaceutycznym, kosmetycznym), rolnictwie (uprawy roślin i produkcja roślinna, chów i hodowla zwierząt), a nawet budownictwie (zakażenia podłóg gruntowych, uszkodzenia konstrukcji, syndrom chorego budynku) [5]. Pojęcie „**syndrom chorego budynku**” (SBS – ang. *sick building syndrome*) odnosi się do zespołu dolegliwości związanych z oddziaływaniem na człowieka czynników szkodliwych i uciążliwych dla zdrowia w pomieszczeniach wewnętrznych, takich jak zanieczyszczenia chemiczne, pyłowe i mikrobiologiczne, hałas, drgania mechaniczne, pola elektromagnetyczne, oświetlenie, elektryczność statyczna przy niewłaściwych parametrach powietrza (temperatura i wilgotność względna powietrza, prędkość powietrza, stężenie ditlenku węgla) oraz mikroklimat.

Na świecie, wg WHO, do tej grupy należą od 10–30% obiektów, a w Polsce ta liczba szacowana jest na około 25%. W 1987 roku Światowa Organizacja Zdrowia ustaliła listę objawów związanych z przebywaniem w „chorych” budynkach. Na liście Organizacji znalazły się takie choroby jak: zapalenie śluzówek, astma oskrzelowa, przewlekłe zapalenia krtani i oskrzeli, również choroby nie związane z występowaniem uczuleń takie jak migreny, rozdrażnienie, zaburzenia koncentracji, a także dolegliwości typowo alergiczne. Ponadto wg Światowej Organizacji Zdrowia do listy tej należą również: choroba legionistów (wywołana zakażeniem bakteriami z rodzaju *Legionella*), gorączka klimatyzacyjna (*humidifier fever*) a także choroby nowotworowe, będące następstwem oddziaływania substancji rakotwórczych takich jak dym tytoniowy, azbest czy radon. Wszystkie choroby, pojawiające się w następstwie przebywania w nadmiernie zanieczyszczonym środowisku wewnętrznym, nazwano zespołem chorób związanych z budynkiem – BRI (ang. – *Building Related Illness*) [6].

ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO

Jakość powietrza w pomieszczeniach jest uzależniona zarówno od czynników związanych ze środowiskiem zewnętrznym, jak i czynników występujących w środowisku wewnętrznym. Do tych ostatnich zaliczane są również te, które związane są z przebywaniem ludzi w pomieszczeniach. Jednym z głównych źródeł bioaerozoli w pomieszczeniach jest człowiek (kropelki potu, ślina). Człowiek sta-

nowi główne źródło bakterii, gdyż budują one naturalną florę jego skóry. Wytwarzanie biologicznego aerozolu może odbywać się przez kichanie, kaszel, a także wysiłek fizyczny (np. chodzenie). Do znaczących wewnętrznych źródeł bioaerozoli zaliczymy również zwierzęta domowe i rośliny [7].

Ze względu na różnorodność zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego, trudno jest w prosty sposób sklasyfikować ich źródła. W budynkach zanieczyszczenia te mogą być również generowane przez: materiały budowlane i wykończeniowe, wyposażenie wnętrz i działalność użytkowników pomieszczeń.

Na jakość powietrza wewnętrznego mają także wpływ wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia emitowane w pomieszczeniach oraz zanieczyszczenia wnikaające do pomieszczeń z zewnątrz. Najogólniej można je podzielić na:

- zanieczyszczenia fizyczne (cząstki aerozolowe, hałas i wibracje oraz promieniowanie elektromagnetyczne i jonizujące),
- zanieczyszczenia chemiczne występujące w różnych ilościach i stężeniach w wielu typach materiałów m.in. materiały drewnopochodne i izolacje termiczne (formaldehyd); niektóre kleje (formaldehyd, toluen, fenole); płyty pilśniowe (ksylomit); żywiczne materiały posadzkowe (toluen, styren, butanol, cykloheksan); wyroby z PVC (toluen, dekan, dwuetyloheksanol),
- zanieczyszczenia biologiczne – występujące w powietrzu wewnętrznym głównie w formie bioaerozoli (bardzo zróżnicowane w zależności od źródeł emisji zanieczyszczeń, stanu budynku i jego wyposażenia, a nawet higieny mieszkańców).

Czynniki biologiczne są jednymi z najbardziej aktywnych składowych powodujących „zespół chorego budynku”. Niektóre gatunki grzybów pleśniowych często izolowanych z pomieszczeń wytwarzają mykotoksyny – czyli toksyczne metabolity wtórne, zaliczane do najsilniejszych trucizn naturalnych, które mogą wykazywać potencjalne działanie rakotwórcze. Są to zwłaszcza grzyby z rodzajów *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* i *Alternaria*, wytwarzające takie mykotoksyny jak: aflatoksyny, ochratoksyny, trichotecyny i fumonisyny [8]. Toksyczne metabolity wytwarzane przez grzyby pleśniowe, powodują u ludzi zapalenie skóry, zaburzenia w funkcjonowaniu ośrodkowego układu nerwowego oraz zatrucia z następującymi objawami: bóle głowy, biegunki, zaburzenia mechanizmów immunologicznych oraz uszkodzenia wątroby i nerek [7, 9]. W rozprzestrzenianiu się szkodliwych czynników biologicznych w środowisku wewnętrznym, największe znaczenie ma droga powietrzno-pyłowa i powietrz-

no-kropelkowa. Liczne drobnoustroje, ich toksyny i alergeny, rozprzestrzeniając się w postaci bioaerozolu, mogą wnikać do układu oddechowego, wywołując w nim szereg skutków zdrowotnych [10].

Statystyki podają, że około 10% mieszkań i domów jest w mniejszym lub większym stopniu zażybionych. To, jaki mikroorganizm opanuje określone pomierzchnie w środowisku wewnątrz, zależy przede wszystkim od stopnia, w jakim dany materiał jest w stanie zapewnić wymagania określonego mikroorganizmu pod względem ilości wilgoci niezbędnej do jego wzrostu. Walkę z „niechcianymi domownikami” podejmują jednak tylko nieliczni. Likwidacja miejsc kondensacji wilgoci jest trudna ale nie niemożliwa. Nowoczesne materiały budowlane takie jak systemy renowacyjne, pozwalają skutecznie pozbyć się przyczyn problemu [6].

Każdy rodzaj tych zanieczyszczeń w inny sposób wpływa na jakość powietrza wewnętrznego oraz na związane z tą jakością samopoczucie i zdrowie użytkowników pomieszczeń i niesie ze sobą innego typu zagrożenia.

KOROZJA MIKROBIOLOGICZNA MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

W literaturze coraz częściej spotykamy się z takimi określeniami jak: biokorozja, korozja biologiczna, biodeterioracja. Biokorozja to wieloetapowy i złożony proces niszczenia materiałów stosowanych w budownictwie przez żywe organizmy, głównie grzyby, bakterie i owady. Pod pojęciem „biodeterioracja” rozumiemy ogólne obniżenie jakości materiałów budowlanych w konsekwencji oddziaływania czynników biologicznych. Często również stosuje się pojęcie „mykologii budowlanej” odnoszące się do całokształtu zjawisk związanych z niszczeniem elementów budowlanych przez grzyby [11].

Metabolizm drobnoustrojów zasiedlających konkretne materiały budowlane ma ogromny wpływ na procesy rozkładu i korozji mikrobiologicznej. O mechanizmie niszczenia decyduje rodzaj materiału technicznego, na którym rozwijają się drobnoustroje. Materiały organiczne ulegają korozji w wyniku pobierania przez grzyby organicznych substancji pokarmowych, a nieorganiczne w wyniku produkcji szkodliwych metabolitów – głównie kwasów organicznych – w każdym przypadku następuje zmiana właściwości materiału, a w zależności od rodzaju tworzywa pogorszeniu może ulegać inna cecha użytkowa.

Materiały pochodzenia organicznego tj. drewno, skóra, włókna pochodzenia roślinnego i zwierzęcego

(bawełna, wełna, jedwab), papier; stymulują mikroorganizmy do produkcji enzymów hydrolitycznych, w wyniku czego mamy do czynienia z typowym rozkładem mikrobiologicznym, natomiast materiał stanowi źródło pokarmu. Przykładem takiego zjawiska może być niewielka ilość materii organicznej na tapetach, płytach kartonowo – gipsowych, aby doprowadzić do rozwoju grzybów i zainicjowania procesu niszczenia materiałów wykończeniowych. Do najbardziej niebezpiecznych należą grzyby z rodzaju: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* i *Aureobasidium*. Takim procesom może towarzyszyć wydzielanie mykotoksyn do powietrza, które z łatwością wnikają do układu oddechowego i powodują wielokierunkowe zmiany chorobowe w organizmie człowieka. Mikroorganizmy rozwijające się na materiałach nie tylko wpływają na zdrowie człowieka, ale również osłabiają cechy użytkowe stosowanego materiału, a także wpływają na jego zabarwienie przez barwniki wytwarzane przez komórki drobnoustrojów. Procesom tym towarzyszy wydzielanie swoistych zapachów związanych z produkcją związków lotnych np. siarkowodoru, seskwiterpenów [9, 12].

Materiały nieorganiczne, do których należą: kamień, beton, cegła, zaprawy budowlane, szkło oraz metale i stopy, a także tworzywa sztuczne nie są wykorzystywane przez mikroorganizmy, ale w wyniku ich działalności ulegają powolnej korozji. Problem ten dotyczy szczególnie zawilgoconych obiektów, w których kształtuje się specyficzny mikroklimat sprzyjający rozwojowi destrukcyjnej mikroflory oraz szkodników biologicznych. Przykładem aktywności korozyjnej z udziałem materiałów nieorganicznych jest rozwój bakterii siarkowych na wilgotnych kamieniach, gdzie drobnoustroje mogą wnikać do jego wnętrza nawet do 5 cm pod powierzchnią. Proces utleniania połączeń siarkowych prowadzi do produkcji kwasu siarkowego, którego stężenie może osiągać nawet 5%, w reakcji z wapniem wytwarzany jest siarczan wapnia (gips), związek ten krystalizuje na powierzchni kamienia i jest powodem powstawania twardej, nieprzepuszczalnej skorupy na powierzchni fasad budynków. Powstała skorupa z czasem odpada, a z warstwy spodniej wysypuje się piasek. Proces ten powtarza się aż do całkowitego zniszczenia kamienia [12].

Konsekwencją korozji biologicznej budynków jest ich niszczenie, zarówno ich konstrukcji zewnętrznych jak i wewnętrznych elementów budynku, co może także prowadzić do niebezpiecznych dla zdrowia i życia ludzi zmian jakości powietrza wewnątrz budynków. Problem ten w ostatnich latach budzi

coraz większe zainteresowanie, związane szczególnie z występowaniem grzybów pleśniowych, które wytwarzają mykotoksyny charakteryzujące się różnokierunkową aktywnością biologiczną: mutagenną, neurotoksyzną, immunosupresyjną, alergizującą czy rakotwórczą [11].

WYPOSAŻENIE MIESZKAŃ JAKO ŹRÓDŁO ZANIECZYSZCZEŃ

Jakość powietrza wewnętrznego zasługuje na szczególną uwagę, ponieważ właśnie w pomieszczeniach ludzie spędzają większą część doby. Budynki mieszkalne, a właściwie ich wnętrza mają specyficzny mikroklimat, w których powstają warunki do zasiedlenia, wzrostu i rozmnażania się zróżnicowanych organizmów. Wśród tych organizmów, możemy spotkać się z różnymi gatunkami bakterii, grzybów, roztoczy, owadów, gryzoni, a nawet ptaków. Grzyby i bakterie mogą powodować zniszczenie fragmentów budynków oraz materiałów użytych do budowy, a także mogą niekorzystnie wpływać na jakość powietrza wewnątrz budynku i stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi zamieszkujących daną powierzchnię. Ponadto roztocza, owady i gryzonie stanowią zagrożenie dla ludzi z uwagi na przenoszenie licznych drobnoustrojów chorobotwórczych [13]. Znaczącymi źródłami lotnych produktów toksycznych są materiały budowlane: farby, kleje i różnego typu elementy wykonane z tworzyw sztucznych. Ponadto tworzywa sztuczne znajdują powszechne zastosowanie w produkcji elementów wyposażenia wnętrz, takich jak: meble, materiały wykładzin podłogowych i ścian, materiałach wystrojowych (dywany, obicia, obicia, firanki i zasłony) oraz materiałach termoizolacyjnych. Wszystkie te źródła emitują toksyczne gazy, a między innymi: formaldehyd, fenol, toluen, benzen, ksylen, naftalen i wiele innych syntetycznych chemikaliów. Relatywny udział poszczególnych źródeł zależy od wielkości emisji i toksyczności emitowanych substancji. Niektóre zanieczyszczenia uwalniane są do atmosfery w sposób ciągły (na przykład te pochodzące z mebli i wykładzin), inne okresowo, bo zależą od czynności wykonywanych w domu (np. palenie papierosów, gotowanie, sprzątanie). Można, więc stwierdzić, że obecnie większość zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach pochodzi nie tylko od ludzi, ale także z materiałów budowlanych i wyposażenia pomieszczeń oraz z samych instalacji wentylacyjnych/klimatyzacyjnych, wprowadzających zanieczyszczenia z powietrzem zewnętrznym. Wewnątrz instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych pojawiają się za-

nieczyszczenia stałe, biologiczne, mikrobiologiczne oraz gazowe. W zależności od ilości zanieczyszczeń przenoszonych przez powietrze wentylacyjne do wentylowanych czy klimatyzowanych pomieszczeń oraz ich negatywnego wpływu na zdrowie użytkowników pomieszczeń, zanieczyszczenia te mogą w różnym stopniu wpływać na pogorszenie zdrowia ludzi lub na wystąpienie nowego, wcześniej nie zdiagnozowanego schorzenia. Dla chorych o osłabionym układzie immunologicznym oraz dla osób starszych i dzieci, czyli najbardziej wrażliwych na stan powietrza, nawet niewielkie stężenia, które nie stanowią zagrożenia w przypadku zdrowych osób dorosłych, mogą stać się powodem dodatkowych komplikacji zdrowotnych. Pył i inne zanieczyszczenia w tym mikrobiologiczne, dostają się do wnętrza instalacji wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych wraz z powietrzem zewnętrznym oraz powietrzem recyrkulacyjnym pochodzącym z obsługiwanych pomieszczeń. Poza napływającymi z powietrzem wentylacyjnym „nowymi” zanieczyszczeniami, w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych osadzonych jest wiele zanieczyszczeń nagromadzonych przez lata użytkowania instalacji, takich jak: zanieczyszczenia pochodzące z okresu budowy, wykańczania i wyposażania budynku, sadze, grzyby pleśniowe, zarodniki roślin i grzybów, pyłki kwiatowe, pył, bakterie, włókna azbestu, cząstki smarów i smoły oraz dymów, roztocza, włókna wyrobów tekstylnych oraz inne zanieczyszczenia. Część zanieczyszczeń zasiedlających wewnętrzne powierzchnie przewodów wentylacyjnych wraz ze strumieniem płynącego powietrza może ulec rozproszonieniu w obsługiwanych przez nią pomieszczeniach. W związku z powyższym utrzymanie instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych na wysokim poziomie czystości oraz odpowiednie jej dostosowanie podczas montażu do danego budynku, zabezpiecza pomieszczenia mieszkalne przed dodatkowym zanieczyszczeniem powietrza wewnętrznego [8, 9]. Pomieszczenia zamknięte z jednej strony są barierą chroniącą nas przed zmiennymi warunkami pogodowymi, z drugiej strony w zamkniętych pomieszczeniach następuje często kumulacja toksycznych związków organicznych i nieorganicznych, co nie pozostaje bez wpływu na nasze zdrowie. Warunki sprzyjające powstaniu czynników chorobotwórczych mogą pojawiać się zarówno na etapie budowy jak i eksploatacji obiektu. Problemy zdrowotne wynikają z niedociągnięć podczas projektowania domu (niewłaściwy dobór materiałów i technologii), podczas realizacji projektu (zmiany w dobrze wykorzystanych materiałach) i na etapie eksploatacji (sposób życia użytkowników obiektu,

stosowane środki konserwujące i czystości, zużycie materiałów, wyposażenie). Warto być świadomym zagrożeń jakie mogą czyhać w naszym mieszkaniu.

METODY BADAŃ POWIERZCHNI

Mając na uwadze wszechobecność mikroorganizmów we wszystkich środowiskach na Ziemi nie dziwi fakt ich występowania na powierzchniach w środowisku wewnętrznym. Do oznaczenia ilości drobnoustrojów zasiedlających powierzchnie mieszkalne, stosuje się różne metody badawcze: metoda wymazów (tamponowa), odciskowa oraz metoda pobrania suchej próby. Metoda wymazów wykorzystywana jest do oceny zanieczyszczeń powierzchni płaskich oraz wypukłych. Za pomocą wymazówek, tamponów z waty, gazy lub gąbki pobiera się próby z powierzchni do badania. Pobraną próbę przenosi się do jałowego płynu do wymazów, dokładnie wstrząsa a następnie posiewa na płytki z kompleksową pożywką agarową lub selekcyjną pożywką płynną w zależności od rodzaju oznaczanych drobnoustrojów. Posiane drobnoustroje inkubuje się w odpowiedniej temperaturze i czasie w zależności od oznaczanej mikroflory [14]. Metoda odciskowa używana jest do oznaczania stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego powierzchni gładkich i płaskich. W metodzie tej wykorzystuje się testy łopatkowe oraz specjalne płytki o wypukłej powierzchni, umożliwiające pobranie badanego materiału na podłoże selektywne dla odpowiedniej grupy drobnoustrojów. Po określonym czasie inkubacji odczytuje się w zależności od typu płytki, liczbę kolonii lub porównuje gęstość wyrosniętej kolonii z dołączonymi wzorcami [9, 15, 16]. Metoda pobrania suchej próby – metoda ta pozwala na pobranie fragmentu badanego materiału, umieszczeniu go w soli fizjologicznej, a następnie wykonaniu posiewu na odpowiednie podłoże selekcyjne [17]. Wszystkie opisane wyżej metody stosuje się w ocenie czystości mikrobiologicznej powierzchni budynków, elementów konstrukcyjnych i wyposażenia.

BADANIA I KRYTERIA OCENY ZANIECZYSZCZENIA MIKROBIOLOGICZNEGO POWIETRZA

Powietrze jest środowiskiem nieprzyjaznym dla życia mikroorganizmów. W odróżnieniu od gleby i wody jest ono ośrodkiem okresowego przebywania mikroorganizmów, w którym nie mogą one dzielić się i rosnąć, lecz wiele z nich zachowuje swój po-

tencjał infekcyjny. Metody pomiaru zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza zostały rozwinięte już na początku XX wieku. Do wykrywania drobnoustrojów w powietrzu stosuje się różne metody: hodowlane i niehodowlane, sedymentacyjne i mechaniczne jednak żadna z obecnie używanych metod nie jest doskonała i nadal brakuje rozporządzeń i norm na podstawie których można przeprowadzić interpretację wyników.

Pierwsze próby określenia dopuszczalnego mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza były czynione w XIX wieku przez Bujwida (polski lekarz bakteriolog i immunolog, założyciel m.in. Instytutu Pasterowskiego w Krakowie), który sprecyzował pierwszą propozycję normy mówiącą, iż: „powietrze mieszkalne nie powinno zawierać więcej niż 50 bakterii w 1 litrze”. Sto lat później w Polsce pojawiły się pierwsze – nie obowiązujące już – normy dotyczące czystości powietrza, był to zestaw składający się z pięciu aktów prawnych określających: wytyczne i postanowienia ogólne dotyczące pobierania próbek powietrza atmosferycznego (PN-84/Z-04008/02 i PN-89/Z-04008/08); metody badań mikrobiologicznych powietrza (PN-89/Z-04111/01), w tym oznaczanie liczby bakterii i grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną (PN-89/Z-04111/02 i PN-89/Z-04111/03). Przygotowana pod koniec 2007r. nowelizacja tychże norm dla Polskiego Komitetu Normalizacyjnego jest ciągle na etapie dyskusji [3].

Obecnie w Polsce nie ma żadnych obowiązujących norm dotyczących dopuszczalnych ilości drobnoustrojów w powietrzu pomieszczeń, choć od wielu lat naukowcy próbują je formować. W 2014 roku Zespół Ekspertów ds. czynników 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 nieprzemysłowego środowiska wewnątrz oraz powietrza atmosferycznego [18].

PODSUMOWANIE

Jakość powietrza wewnętrznego od wielu lat stanowi przedmiot szczególnego zainteresowania naukowców. W dokumencie Światowej Organizacji Zdrowia pt. „Prawo do zdrowego powietrza wewnętrznego” stwierdzono, że właściwa jego jakość jest wyznacznikiem zdrowia i dobrego samopoczucia ludzi. Użytkownicy pomieszczeń powinni mieć

wiedzę na temat ewentualnych zagrożeń dla zdrowia, wynikających z wdychania zanieczyszczonego powietrza. Warunkiem zachowania prawidłowego stanu higienicznego wnętrz, a co za tym idzie komfortu zdrowotnego ludzi, jest określenie narażenia na szkodliwe czynniki mikrobiologiczne, które stanowią stały element składowy powietrza [10]. Zanieczyszczenia wynikające z konstrukcji budynku i zastosowanych w nim materiałów, a także z użytkowania pomieszczeń (zarówno zastosowane wykończenie wnętrz, jak i codzienne czynności, takie jak gotowanie, pranie, spalanie gazu itd.), nie powinny zagrażać zdrowiu przebywających w nim ludzi, nawet jeżeli dom zbudowany jest z niewielkimi odstępstwami od wymagań technicznych. Jednak w przypadku zachwiania równowagi pomiędzy układami wytwarzającymi i odprowadzającymi wilgoć dochodzi do jej gromadzenia się i rozwoju mikroorganizmów zwłaszcza grzybów, dla których dogodnym siedliskiem są materiały budowlane [1]. Coraz istotniejsza staje się wszechstronna edukacja i uświadamianie społeczeństwa na temat zagrożeń biologicznych pojawiających się w budynkach mieszkalnych i biurowych, gdyż nadmierne nagromadzenie szkodliwych czynników biologicznych w bezpośrednim otoczeniu człowieka może negatywnie wpływać na jego zdrowie.

LITERATURA

- [1] Krzyśko-Lupicka T.: Zagrożenia mikologiczne w budownictwie – problem ogólnościowy w: Problemy w ochronie środowiska w województwie opolskim w latach 2010-2020. (red. K. Oszańca). Opolskie Ekoforum. Atmoterm S.A. 2010; 203-222.
- [2] An H.A., Mainelis G, Yao M.: Evaluation of a high-volume portable bioaerosol sampler in laboratory and field environments. *Indoor Air* 2004; 14: 385-393.
- [3] Górny R. L.: Aerozole biologiczne – rola normatywów higienicznych w ochronie środowiska i zdrowia. *Med. Środow.* 2010; 13 (1): 41- 51.
- [4] Gaska-Jędruch U, Dudzińska M.R.: Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w powietrzu wewnętrznym, w *Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej*, tom 2, Ozonek J, Pawłowski A. (red.), Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska 2009; 59: 31-40.
- [5] Chmiel M., Frączek, K. Grzyb, J.: Problemy monitoringu zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2015; 17-27.
- [6] Zgoła B.: Syndrom Chorego Budynku cz. 1: 2007; (http://www.muratorplus.pl/technika/konstrukcje/syndrom-chorego-budynku-cz-1_57547.html)
- [7] Gołofit-Szymczak M., Skowroń J.: Zagrożenia mikrobiologiczne w pomieszczeniach biurowych. *Bez. Pr.* 2005; 3: 29-31.
- [8] Mniszek W, Rogiński J.: Wady konstrukcyjne budynków przyczyną zagrzybienia pomieszczeń. *Zeszyty Naukowe Wy-*

- ższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach 2007; 1(3): 31-44.
- [9] Krzyśko-Łupicka T.: Przegląd metod stosowanych wykrywania grzybów w pomieszczeniach. Materiały Konferencyjne, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa – Mikotoksyny w środowisku człowieka i zwierząt, Bydgoszcz 2002; 203-205.
- [10] Gołofit-Szymczak, M., Ławniczek-Wałczyk, A., & Górny, R.: Bioaerozole w pomieszczeniach pracy-źródła i zagrożenia. Bezpieczeństwo Pracy: nauka i praktyka 2013, 9-11
- [11] Wołejko E., Matejczyk M.: Problem korozji biologicznej w budownictwie. Budi Inż. Środow. 2011; 2(2): 191-195.
- [12] Gutarowska B.: Niszczenie materiałów technicznych przez drobnoustroje. LAB Laboratoria. Aparatura, Badania 2013; 2: 10-14.
- [13] Ochmański W., Barabasz W.: Mikrobiologiczne zagrożenie budynków i pomieszczeń mieszkalnych oraz ich wpływ na zdrowie (syndrom chorego budynku). Prz. Lek. 2000; 57: 419-423.
- [14] Libudzisz Z., Kowal K.: Mikrobiologia techniczna. T. 1. Wyd. PŁ, Łódź. 2000 ss. 442.
- [15] Krzyśko-Łupicka T., Latała A.: Ocena przydatności techniki Cunt-tact do kontroli skażenia budynków grzybami strzępkowymi. Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów. Łódź, 2001; 309-312.
- [16] Gołofit-Szymczak M., Ławniczek-Wałczyk A., Górny R. L.: Ilościowa i jakościowa kontrola szkodliwych czynników biologicznych w środowisku pracy. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2013; 2(76): 5-17.
- [17] Janińska B.: Metody oceny skażenia obiektów budowlanych grzybami pleśniowymi. Foundations of Civil and Environmental Engineering 2002; 3: 47-64.
- [18] Augustyńska D. Pośniak M. Czynniki szkodliwe w środowisku pracy wartości dopuszczalne 2014. CIOP- PIB. Warszawa, 2014.

Adres do korespondencji:

*Magdalena Korta-Peplowska
Katedra Mikrobiologii
Uniwersytet Rolniczy
al. Adama Mickiewicza 24/28
30-059 Kraków
e-mail: m.korta@poczta.fm*