

## Mikrobiologiczne zagrożenia budynków i pomieszczeń mieszkalnych oraz ich wpływ na zdrowie (syndrom chorego budynku)

Microbiological threat from buildings and rooms and its influence on human health (sick building syndrome)

<sup>1</sup>Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie  
Kierownik:  
Prof. dr habil. med. Kazimierz Janicki

<sup>2</sup>Katedra Mikrobiologii Akademia Rolnicza w Krakowie  
Kierownik: prof. dr habil. Wiesław Barabasz

**Dodatkowe słowa kluczowe:**  
mykotoksyny w budynkach

**Additional key words:**  
mycotoxins in rooms

W budynkach może żyć około: kilkadziesiąt gatunków bakterii, ponad 400 gatunków grzybów pleśniowych, kilkanaście gatunków grzybów powodujących gnicie drewna i materiałów drewnopodobnych, wiele gatunków glonów, mszaków, porostów i roślin nasiennych, a także ponad 30 gatunków roztoczy szczególnie w kurzu domowym. Obiekty budowlane, a właściwie ich wnętrza mają specyficzny mikroklimat. Tworzą się przestrzenie nazywane niszami ekologicznymi, w których powstają warunki do zasiedlenia, wzrostu i rozmnażania się licznych i zróżnicowanych organizmów. Budynek stanowiący zagrożenie dla zdrowia mieszkańców nazywamy „chorym budynkiem” lub z angielskiego („sick building syndrome”) mówimy o tzw. syndromie chorego budynku.

Występowanie i rozwój niektórych gatunków grzybów pleśniowych wiąże się z wytwarzaniem bardzo toksycznych metabolitów określanych mianem metabolitów wtórnych tzw. mykotoksyn. Długotrwały kontakt człowieka, a zwłaszcza dzieci z gatunkami wytwarzającymi najgroźniejsze mykotoksyny takie jak aflatoksyny – *Aspergillus flavus*, ochratoksyny – *Aspergillus ochraceus*, rubratoksyny – *Penicillium rubrum* czy stachybotrytoksynę – *Stachybotrys chartarum* może doprowadzić do śmierci.

Grzyby pleśniowe lub pleśnie to potoczna nazwa mikroskopowych saprofitycznych grzybów z różnych grup systematycznych, najczęściej znanych z polskich nazw jako: pleśniak, pędzlak, kropidlak czy sierpik (*Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*). Grzyby pleśniowe, głównie z typu *Deuteromycota* posiadają (nieznane dla większości ludzi) specyficzne właściwości biologiczne i uzdolnienia biochemiczne do produkcji wielu toksycznych metabolitów tzw. mykotoksyn.

Niektóre grzyby pleśniowe produkują groźne mykotoksyny jak np.: *alternariol*, *aflatoksyny*, *gliotoksyna*, *ochratoksyny*, *nivalenol*, *cytrynina*,

In buildings we can observe many different strains of bacteria, over 400 species of mould fungi, many strains of fungus causing the rotting of wood and wood like materials, many species of algae, aphids, and other types of growths and seed plants and also over 30 types of mites especially those seen in house dust. Buildings, especially their interiors have a very specific microclimate. Within it areas of so called ecological lows are formed in which conditions for settlement, growth and reproduction of these organisms take place. A building, which is a hazard to the health of its residents, is called a „sick building” from the term „sick building syndrome”. The incidence and development of some types of mould fungus is associated with the production of very toxic metabolites which are called secondary metabolites i.e. mycotoxins.

Long term human, especially in relation to children, contact with the species producing the most potent mycotoxins like aflatoxin - *Aspergillus flavus*, ochratoxins - *Aspergillus ochraceus*, rubratoxins - *Penicillium rubrum* or strachybotrytoxins - *Stachybotrys chartarum* may even be the cause of death. Mould fungus or just mould is a saprophytic fungus derived from many different systemic groups (*Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*). Fungi can produce lethal mycotoxins such as: *alternariol*, *aflatoxins*, *gliotoxins*, *ochratoxins*, *nivalenol*, *cytinine*, *dicumarol*, *rugulosine*, *trichoviridine* and about 200 more which considering their mutagenicity are potentially dangerous to humans, animals, flora and microorganisms.

Research which was begun by Prof. Julian Aleksandrowicz and Prof. Bolesław Smyk in 1970 and 1971 showed that the so called „leukaemia houses” of leukaemia victims had an abundance of toxinogenic fungus in them, particularly the most potent fungus which turned out to be *Aspergillus*

Adres do korespondencji:  
Dr med. Władysław Ochmański  
I Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych CM UJ  
31-501 Kraków, ul. Śniadeckich 10

*dikumarol, rugulozyna, trichowirydyna* i wiele innych około 200, które z uwagi na swoje właściwości, zwłaszcza mutagenne stanowią już dziś potencjalne zagrożenie dla ludzi, zwierząt i całego świata roślinnego i mikroorganizmów.

Zapoczątkowane jeszcze przez profesora Juliana Aleksandrowicza i profesora Bolesława Smyka badania w 1970 i 1971 r. wykazały, że u osób, które zmarły na białaczkę w ich mieszkaniach tzw. „domach białaczkowych” stwierdzono występowanie dużych ilości właśnie grzybów toksynotwórczych, a szczególnie najgroźniejszego z tej grupy grzyba, jakim okazał się *Aspergillus flavus*. Grzyby toksynotwórcze występują bardzo powszechnie w mieszkaniach i piwnicach wielu starych i całkiem nowych budynkach.

Mykotoksyny odznaczają się dużą toksycznością i szkodliwością, nic więc dziwnego, że wiele osób mieszkających w zagrzybionych mieszkaniach choruje, szczególnie na choroby górnych dróg oddechowych, źle się czuje, narzeka na ciągłe bóle głowy, nudności, źle samopoczucie. Przebywanie w mieszkaniach zagrzybionych może prowadzić po pewnym okresie czasu do rozwinięcia się chorób nowotworowych.

Problem mikrobiologicznych zagrożeń w budynkach użyteczności publicznej i budynkach mieszkalnych jest zagadnieniem bardzo starym, mocno osadzonym w rzeczywistości, ale dawniej nie zwracano na niego uwagi. Jak podaje prof. B. Zyska [16] w budynkach może żyć około: kilkadziesiąt gatunków bakterii, ponad 400 gatunków grzybów pleśniowych, kilkanaście gatunków grzybów powodujących gnicie drewna i materiałów drewnopodobnych, wiele gatunków glonów, mszaków, porostów i roślin nasiennych, a także ponad 30 gatunków roztoczy szczególnie w kurzu domowym, ponad 300 gatunków owadów, w tym stwarzających zagrożenie parazytologiczne i sanitarne oraz niszczących drewno konstrukcyjne domów, kilka gatunków gryzoni, kilkanaście gatunków ptaków przebywających na dachach i ścianach zewnętrznych budynków oraz kilka gatunków nietoperzy.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że zarówno domy mieszkalne, jak i budynki użyteczności publicznej już krótko po ich wybudowaniu są zasiedlane nie tylko przez człowieka, ale też przez bakterie i grzyby, stawonogi, w tym roztocza i owady oraz gryzoni, których obecność wcale nie jest obojętna dla zdrowia mieszkańców. Jeżeli uświadomimy sobie teraz, że te wszystkie organizmy zasiedlają różne pomieszczenia w budynku i całe budowle, to znaczy, że znajdują w nich pokarm i odpowiednie warunki rozwoju. Wiele z nich stanowi zagrożenie z epidemiologicznego punktu widzenia i może niekorzystnie wpływać na zdrowie mieszkańców budynków. W sumie ze strony czynników biologicznych, fizycznych i chemicznych zagrożonych jest w Polsce wiele milionów mieszkańców [9].

Obiekty budowlane, a właściwie ich wnętrza mają specyficzny mikroklimat. Tworzą się przestrzenie nazywane niszcami ekologicznymi, w których powstają warunki do zasiedlenia, wzrostu i rozmnażania się licznych i zróżnicowanych organizmów. Grzyby i bakterie mogą powodować zniszczenie fragmentów budynków, ich wykończeń zewnętrznych i wewnętrznych oraz materiałów użytych do budowy. Mogą też powodować niekorzystne zmiany jakości powietrza wewnątrz budynku oraz w zasadniczy sposób wpływać na zdrowie osób mieszkających w nim. Roztocza, owady i gryzoni stanowią zagrożenie dla ludzi z uwagi na przenoszenie licznych drobnoustrojów chorobotwórczych.

Za pośrednictwem powietrza roznoszone są liczne drobnoustroje chorobotwórcze, znajdujące się w aerozolu kropелеk powstających podczas kaszlu czy kichania. Należy tu zwrócić uwagę na prątki gruźlicy, a także paciorkowce i inne bakterie oraz wirusy powodujące infekcje dróg oddechowych (*Micrococcus, Corynebacterium, Mycobacterium, Flavobacterium* i inne). Drobnoustroje te nie przeżywają zbyt długo po wydaleniu z chorego organizmu ludzkiego. Znaczenie łatwiej dochodzi do zakażenia w pomieszczeniach małych i zatoczonych (przychodnie lekarskie, tramwaje, autobusy, sale kinowe, szkoły, przedszkola itp.), których należy unikać zwłaszcza w okresie wzmożonych zachorowań, niż na otwartych, wystawionych na działanie promieni słonecznych przestrzeniach.

Ponadto niektóre z podanych mikroorganizmów uszkadzają substancje mieszkaniową. Z tych powodów wnętrze budynku może być nieprzyjazne dla jego mieszkańców ze względu na spót wielu czynników biologicznych, fizycznych i chemicznych. Budynek stanowiący zagrożenie dla zdrowia mieszkańców nazywamy „chorym budynkiem” lub z angielskiego („*sick building syndrome*”) mówimy o tzw. syndromie chorego budynku [7].

Mikroorganizmy są wszechobecne na Ziemi i występują we wszystkich środowiskach. Nic więc dziwnego, że również występują w środowisku mieszkaniowym człowieka oraz w innych obiektach budowlanych użyteczności publicznej takich jak szkoły, biura, szpitale, sale gimnastyczne, obiekty rekreacyjne, kościoły, muzea, kina, teatry, a także w pomieszczeniach inwentarskich jak stajnie, obory, chlewnie, owczarnie, fermy lisów, fermy drobiu itp. Oligotroficzny sposób życia drobnoustrojów, a przede wszystkim grzybów i bakterii sprawia, że prawie w każdym obiekcie budowlanym znajdują one dostateczną ilość pożywienia w postaci okruchów jedzenia, zluszczonej skóry, naskórka, włosów, sierści, różnych wydzielin zwierząt, roślin, kwiatów, a także drobiny drewna, tkanin, kału roztoczy i owadów, a także innej materii organicznej, które wykorzystują do swojego wzrostu, rozwoju i rozmnażania. Podobnie potrzebna dla ich życia wilgotność (powyżej 20%) i temperatura (5-30°C) jest w budynkach zazwyczaj odpowiednia. Drobnoustroje często występują na wewnętrznych i zewnętrznych murach budowli, jeżeli były one zawilgoco-

ne, nawet okresowo. Przyczyną zawilgocenia ścian jest wiele. Są to wady technologiczne, zła klimatyzacja, niewłaściwa eksploatacja, zaniedbania remontowe, złe posadowienie budowli czy nawet powodzie, których ostatnio w Polsce nie brakuje. Pojawieniu się drobnoustrojów, a przede wszystkim grzybów towarzyszą: biokorozja materiałów budowlanych, obniżenie estetyki budynku, niszczenie magazynowych produktów (np. żywności), skażenie powietrza mykotoksynami, zarodnikami i przykrym zapachem [14].

Nic więc dziwnego, że w ostatnim okresie czasu wzrosło zainteresowanie opinii publicznej drobnoustrojami występującymi w pomieszczeniach mieszkalnych i użyteczności publicznej. Wiąże się to przede wszystkim z tym, że bakterie i grzyby w budynkach oprócz biokorozji powodują pogorszenie warunków sanitarnych. Dostrzeżono ujemny wpływ mikroflory pomieszczeń na zdrowie ludzkie, a grzyby w tym wypadku grzyby pleśniowe określane popularną nazwą pleśń, są przyczyną wielu chorób uczuleniowych. Dla alergików o zwiększonej liczbie zarodników grzybów pleśniowych w powietrzu atmosferycznym (najczęściej należących do rodzaju *Alternaria, Cladosporium* i *Fusarium*) podawane są nawet specjalne komunikaty w środkach masowego przekazu. Powodują one migreny, infekcje dróg oddechowych, nieżyty przewodu pokarmowego, zapalenia błon śluzowych oczu i nosa. Występowanie i rozwój niektórych gatunków grzybów pleśniowych wiąże się z wytwarzaniem bardzo toksycznych metabolitów określanymi mianem metabolitów wtórnych tzw. mykotoksyn [15]. Powodują one wiele bardzo groźnych chorób jak rak wątroby i krwi (białaczki). Długotrwały kontakt człowieka, a zwłaszcza dzieci z gatunkami wytwarzającymi najgroźniejsze mykotoksyny takie jak aflatoksyny – *Aspergillus flavus*, ochratoksyny – *Aspergillus ochraceus*, rubratoksyny – *Penicillium rubrum* czy stachybotrytoksynę – *Stachybotrys chartarum* może doprowadzić do śmierci.

Z przedstawionych w wielkim skrócie danych jasno wynika, że to właśnie grzyby pleśniowe w budynkach stanowią największe zagrożenie zarówno dla substancji budowlanej jak i dla zdrowia ludzi tam mieszkających. Z tych to względów, czyli największego zagrożenia środowiska budowlanego przez grzyby zostaną one szczegółowo omówione.

Grzyby pleśniowe lub pleśnie to potoczna nazwa mikroskopowych saprofitycznych grzybów z różnych grup systematycznych, najczęściej znanych z polskich nazw jako: pleśniak, pędziak, kropidlak czy sierpik (*Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*). Ich grzybnia rozwija się na różnych związkach organicznych, przy minimalnej ilości wody, pokrywając je gęstym białym lub barwnym kożuszkciem. Występują powszechnie w przyrodzie i w najbliższym otoczeniu człowieka. Przeważnie mamy do czynienia z ich szkodliwą działalnością, którą można podzielić na kilka grup w zależności od niszczonego produktu, miejsca występowania czy atakowanego organizmu oraz wydzielanych produktów metabolizmu (np. grzyby trujące czy toksynotwórcze). Różne gatunki grzybów powodują liczne choroby (grzybice i mikozy) u ludzi i zwierząt. Są przyczyną dużych strat gospodarczych na skutek liszajów, eczem, strupów, pleśniawek czy wypadania włosów (pióra, paznokcie i skóra). Niektóre grzyby wywołują u ludzi stany alergiczne, szczególnie u alergików, astmatyków czy osób wrażliwych. Należy również pamiętać o grzybach kapeluszkowych, wśród których spotyka się gatunki trujące, które spożyte nawet w niewielkiej ilości z jadalnymi grzybami stają się przyczyną śmiertelnych zatruc. Z kolei niektóre grzyby pleśniowe mogą wytwarzać groźne rakotwórcze mykotoksyny.

Właśnie te zdawałoby się niegroźne grzyby pleśniowe, głównie z typu *Deuteromycota* posiadają (nieznane dla większości ludzi) specyficzne właściwości biologiczne i uzdolnienia biochemiczne do produkcji wielu toksycznych metabolitów tzw. mykotoksyn, przedstawionych w tabeli I. Jak podaje Turner [13] w sprzyjających warunkach przy odpowiedniej temperaturze, wilgotności i niewielkiej ilości materii organicznej niektóre grzyby pleśniowe produkują groźne mykotoksyny jak np.: *alternariol*, *aflatoksyny*, *gliotoksyna*, *ochratoksyny*, *nivalenol*, *cytrynina*, *dikumarol*, *rugulozyna*, *trichowirydyna* i wiele innych około 200, które z uwagi na swoje właściwości, zwłaszcza mutagenne stanowią już dziś potencjalne zagrożenie dla ludzi, zwierząt i całego świata roślinnego i mikroorganizmów. Substancje te, jako wtórne metabolity różnych gatunków grzybów z rodzaju: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Claviceps*, *Phoma*, *Scopulariopsis*, *Trichothecium*, *Trichoderma*, *Scopulariopsis*, są wydalane do środowiska i odznaczają się różnokierunkowym działaniem (tabela II) jak: bakterio-bójczym, grzybobójczym, fitotoksycznym, mutagennym, teratogenym, kancerogennym-rakotwórczym ponadto są inhibitorami syntezy DNA i RNA oraz blokują działalność wielu ważnych enzymów. Powyższe grzyby pleśniowe określane mianem **grzybów toksynotwórczych** występują powszechnie w najbliższym otoczeniu człowieka zazwyczaj w zagrzybionych mieszkaniach, starych budynkach, pomieszczeniach inwentarskich, a ponadto w glebie, na wysypiskach śmieci, paszy, żywności, zepsutych owocach, przetworach, koncentratkach spożywczych, pieczywie i wielu innych miejscach [5].

Wieloletnie już badania wskazują, że oddziaływanie mykotoksyn jest niezwykle

Tabela I

Grzyby toksynotwórcze z typu *Deuteromycota* występujące w różnych środowiskach (mieszkania, gleby, żywność, powietrze).

Occurrence of toxin-producing *Deuteromycota* in various environments (flats, ground, food products, air).

Oznaczenie systematyczne	Mykotoksyny
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl	alterotoksyna I i II, altenuizol
<i>Alternaria longipes</i> Tisdale et Wad.	alternariol, altenuizyna
<i>Aspergillus chevaleri</i> Thom et Church	gliotoksyna
<i>Aspergillus flavus</i> Link	aflatoksyna B1, B2, G1, G2
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresenius	fumitremorgin A,B,C
<i>Aspergillus ochraceus</i> Tiraboschi	ochratoksyny A i B
<i>Aspergillus parasiticus</i> (Fr.) Ces	aflatoksyny B1, B2, G1, G2
<i>Aspergillus terreus</i> Thom	kwas terreinowy
<i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi	sterigmatocystyna
<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe	F-2 (zearalenon)
<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces	niwalenol
<i>Fusarium scirpi</i> Lamb. Et al.	scirpenol
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.	sporofusaryna
<i>Helminthosporium dematioideum</i> Fr.	cytochalazyna B i E
<i>Myrothecium verucaria</i> Ditmar	werukarina A i B
<i>Penicillium citrinum</i> Thom	cytrynina
<i>Penicillium citreoviride</i> Biourge	cytreowirydyna
<i>Penicillium cyclopium</i> Westling	kwas penicylinowy
<i>Penicillium jenseni</i> Zaleski	dikumarol
<i>Penicillium puberulum</i> Bain.	kwas penicylinowy, kwas kojowy
<i>Penicillium rubrum</i> Stoll.	rubratoksyna A i B
<i>Penicillium rugulosum</i> Thom	rugulozyna
<i>Penicillium tardum</i> Thom	rugulozyna
<i>Penicillium variable</i> Sopp	aflatoksyny B1, B2, G1, G2
<i>Penicillium vindicatum</i> Westling	wirydykatyna
<i>Pithomyces patulum</i> Westling	sporodezminy A,B,C,D,E
<i>Thielaviopsis basicola</i> (Berk & Br.) Ferr.	tielawiotyna
<i>Trichoderma viride</i> Pers ex. Fr.	trichowirydyna
<i>Trichothecium roseum</i> Link ex Gray	trichotecyna

groźne zarówno z biologicznego jak i epidemiologicznego punktu widzenia. Należy wspomnieć, że zapoczątkowane jeszcze przez profesora *Juliana Aleksandrowicza* i profesora *Bolesława Smyka* badania w 1970 i 1971 r. [1,2,3,4] wykazały, że u osób które zmarły na białaczkę w ich mieszkaniach tzw. „domach białaczkowych” stwierdzono występowanie dużych ilości właśnie grzybów toksynotwórczych, a szczególnie najgroźniejszego z tej grupy grzyba, jakim okazał się *Aspergillus flavus*.

Grzyby toksynotwórcze występują bardzo powszechnie w mieszkaniach i piwnicach wielu starych i całkiem nowych budynkach w Krakowie, Częstochowie, Katowicach, Tarnowie czy Nowym Sączu i na pewno w wielu innych miastach w Polsce (tabela III). Wystarczy niesprawną instalacją czy szczelną nowoczesną wykonaną z plastiku stolarka okienna, zatłoczone czy zaklejone np. tapetą przewody wentylacyjne, przemazanie ścian w zimie oraz wadliwa instalacja wodno-kanalizacyjna i gdy tylko zwiększy się

wilgotność w mieszkaniu powyżej 60%, to już możemy mieć do czynienia z grzybami, które rozwijają się w postaci ciemnych, niebiesko-zielonych lub różowych plam na tapetach, zawilgoconych ścianach nad oknami, okapami i w innych miejscach o słabym przewietrzaniu. Mykotoksyny odznaczają się dużą toksycznością i szkodliwością (tabela IV), nic więc dziwnego, że wiele osób mieszkających w zagrzybionych mieszkaniach choruje, szczególnie na choroby górnych dróg oddechowych, źle się czuje, narzeka na ciągłe bóle głowy, nudności, źle samopoczucie. Przebywanie w mieszkaniach zagrzybionych może prowadzić po pewnym okresie czasu do rozwinięcia się chorób nowotworowych [11,12].

Z przeprowadzonych na szeroką skalę badań porównawczych przez *Smyka* [10] wynika, że potencjalne zagrożenie zdrowia mieszkańców może mieć miejsce wszędzie tam, gdzie nastąpiło załamanie się równowagi w mikrobiocenozach pomieszczeń

Tabela II  
Biologiczne działanie mykotoksyn.  
Biological effects of mycotoxins.

Właściwość i działanie	Zakres działania toksycznego
Mutagenne	Zaburzenia w transkrypcji genetycznej i w translacji informacji genetycznej u mikro- i makroorganizmów
Teratogenne	Zaburzenia w organogenezie prowadzące do potworkowości płodu
Kancerogenne	Rakotwórcze, powodujące proces nowotworowy: wątroby, płuc, mózgu, szpiku, grasicy, śledziony itp.
Bakteriobójcze	Działanie toksyczne na większość bakterii
Grzybobójcze	Działanie toksyczne na większość grzybów niższych i wyższych
Cytotoksyczne	Działanie toksyczne na żywe komórki roślinne i zwierzęce
Fitotoksyczne	Działanie toksyczne na rośliny niższe i wyższe
Inhibitory enzymów	Zaburzenia aktywności enzymów prowadzące do blokady syntezy różnych metabolitów w tym białek
Neurotoksycznie	Porażające centralny system nerwowy oraz nerwy obwodowe
Nefrotoksycznie	Wywołujące schorzenia, uszkodzenia lub nowotwory nerek
Niszczą krzepliwość krwi	Zaburzenia w syntezie i działaniu protrombiny oraz syntezie witaminy K
Złe funkcjonowanie przewodu pokarmowego	Zaburzenia fizjologiczne przewodu pokarmowego: uporczywe biegunki, zapalenie błon śluzowych, nieżyty jelit
Niszczą naturalną odporność organizmów	Zaburzenia immunologiczne, powodujące zanik i osłabienie naturalnej odporności przeciwnowotworowej u ludzi i zwierząt
Powodują złe samopoczucie	Bojaźliwość, objawy zmęczenia, apatia, zanik pamięci, omdlenia, padaczki

Tabela III  
Grzyby toksynotwórcze występujące w budownictwie mieszkaniowym na terenie Krakowa.  
Occurrence of toxin producing fungi in flats of Cracow area.

Rodzaj	Nazwy gatunkowe grzybów dominujących
1. Alternaria	A. alternata; A. chartarum; A. consortiale; A. longipes; A. tenuissim
2. Aspergillus	A. candidus; A. flavus; A. fumigatus; A. ochraceus; A. parasiticus; A. terreus; A. versicolor
3. Cladosporium	C. cladosporioides; C. macrocarpum
4. Clavularia	C. culvurans
5. Fusarium	F. culmorum; F. equiseti; F. moniliforme; F. oxysporum; F. sporotrichioides
6. Geotrichum	G. candidum
7. Myrothecium	M. verucaria
8. Penicillium	P. chrysogenum; P. claviforme; C. cyclopium; P. expansum; P. frequentans; P. lanosum; P. meleagrimum; P. notatum; P. rubrum; P. rugulosum; P. tardum; P. thomii; P. viridicatum; P. waksmani
9. Scopulariopsis	S. brevicaulis; S. chartarum
10. Stachybotrys	S. chartarum

mieszkalnych poprzez:

1. Ograniczenie lub zupełny brak promieniowania słonecznego. Powyższe promieniowanie spełnia ważną funkcję homeostatyczną, decydującą o zdrowotnej wartości bioklimatu pomieszczeń mieszkalnych. Optymalne promieniowanie słoneczne inicjuje w żywym organizmie wiele procesów biochemicznych i metabolicznych, niezwykle korzystnych dla organizmu, a ze względu na działanie bakterio- i grzybobójcze uczestniczy w kształtowaniu optymalnego stanu higieniczno-zdrowotnego środowiska mieszkalnego.

2. Niewłaściwa ciepłota oraz duża wilgotność (wilgotność względna dla grzybów wynosi 60% i więcej, a dla bakterii 85% i więcej) pomieszczeń mieszkalnych sprzyja rozwojowi mikroorganizmów, w tym głównie bakteriom autotroficznym i heterotroficznym oraz grzybom, które są heterotrofami. Grzyby najlepiej rosną w ciemności i środowisku

wilgotnym, a wodę mogą wykorzystywać zarówno z atmosfery, jak i z podłoża, na którym rosną.

3. Złe lub niewłaściwie zastosowanie materiałów wykończeniowych jak np. lenty, płytki PCW, kleje, tapety, farby, tworzywa sztuczne i produkty ich degradacji i inne związki organiczne, które mogą być dobrym źródłem pożywienia dla różnych drobnoustrojów w tym grzybów toksynotwórczych.

4. Zła lub wadliwie wykonana wentylacja, która ogranicza wymianę powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych lub w całych budynkach.

W powietrzu atmosferycznym znajdują się między innymi zarodniki i konidia grzybów (w tym drożdże) oraz bakterie i ich przetrwalniki. Drobnoustroje te mogą wnikać do budynku z zewnątrz. Ale najważniejszym ich źródłem są różne substancje w samym budynku. Pyły i kurze pochodzenia organicznego bogate w drobnoustroje mogą pocho-

dzić z licznych i jakże zróżnicowanych materiałów budynków. Należy tu wymienić gnijące drewno, materiały wykończeniowe pokryte grzybami pleśniowymi, ziarna zbóż i karmę dla zwierząt domowych jak psy, koty i ptaki oraz paszy dla zwierząt w budynkach gospodarczych, a także żywność, surowce włókiennicze, urządzenia klimatyzacyjne, odpady i śmieci [8].

Drobnoustroje osadzone na pyłach lub zawieszane w powietrzu stanowią istotny składnik powietrza w budynkach. Organizmy te w wyniku procesów biochemicznych wydają także różne substancje o bardzo złożonym składzie. Wśród nich można wymienić endotoksyny, egzotoksyny, enterotoksyny i enzymy bakteryjne, a także bardzo obfite grupę mykotoksyn. Substancje te występują w mieszaninie z fragmentami roślin, ziarnami skrobi, białek i innych związków, a także z roztozcami i ich szczątkami, w tym kałem, białkami moczu i krwi, z kałem zwierząt i z glebą oraz substancjami wydzielałymi się z materiałów wykończeniowych.

Zarodniki, konidia i strzępki grzybów unoszące się w powietrzu pochodzą od pasożytniczych i saprofitycznych grzybów rosnących na żywych lub obumarłych częściach roślin, ale też z gleby, nawozu, rybnien dachowych, tapet, skóry oraz innych substancji organicznych. Większość grzybów ulega rozproszeniu w okresach suchych i wietrznych przenosząc się z wiatrem na dalekie odległości [6].

Z przytoczonych danych wyraźnie widać, że kontakt człowieka w budynkach z drobnoustrojami jest bardzo duży. Dlatego też, gdy stwierdzi się choćby najmniejsze oznaki występowania grzybów w pomieszczeniach mieszkalnych czy użyteczności publicznej gdzie przebywają ludzie lub hoduje się zwierzęta, trzeba bezwzględnie reagować. Każde zabarwienie tapet, wykwitły na ścianach, okapach, murach czy na fugach między flizami świadczyć może o naruszonej równowadze i zaistnieniu odpowiednich warunków do wzrostu grzybów. W takim wypadku niezbędne jest wykonanie badań mykologicznych przez specjalistę mykologa, który oceni stopień zagrożenia mykologicznego. Ważną sprawą jest poznanie składu mikrobiocenotycznego grzybów zasiedlających dane pomieszczenie oraz stwierdzenie czy wyizolowane grzyby zagrażają tylko substancji budowlanej czy są również groźne dla zdrowia ludzkiego. Jest to szczególnie ważne w pomieszczeniach mieszkalnych gdzie przebywają małe dzieci, młodzież lub młode zwierzęta hodowlane. Organizmy młode reagują na grzyby i ich metabolity o wiele szybciej, a skutki ich oddziaływania są o wiele groźniejsze niż u osób dorosłych.

Zazwyczaj ekspertyza mykologiczna kończy się zaleceniami wskazującymi na sposoby likwidacji grzybów i ich zarodników. Najlepiej po zlikwidowaniu głównej przyczyny, którą często jest nadmierna wilgotność i usprawnienie wentylacji, należy przeprowadzić zabieg dezynfekcji. Dezynfekcja ma za zadanie zniszczyć żywotność grzybów i innych mikroorganizmów, które swą działalnością biochemiczną mogą zagrażać zdrowiu ludzkiemu. Zabieg dezynfekcji przepro-

**Tabela IV**  
**Toksyczność wybranych mykotoksyn.**  
**Toxicity of some mycotoxins.**

Mykotoksyna	Dawka śmiertelna LD <sub>50</sub> mg/kg
Aflatoksyna B1	0,36 - kurczęta
Aflatoksyna B1	1,5 - pstrąg tęczy
Aflatoksyna B1	3,7 - małpy
Aflatoksyna B1	5,5 - szczur
Aflatoksyna B2	1,7 - kacząta
Aflatoksyna G1	0,78 - kacząta
Aflatoksyna G2	3,5 - kacząta
Aflatoksyna M1	0,33 - kacząta
Ochratoksyna A	0,5 do 5,0 - kacząta
Ochratoksyna A	20,0 - szczury
Sterygmatocystyna	1,0 - kacząta
Sterygmatocystyna	32,0 - małpy
Islandiotoksyna	6,5 - myszy
Luteoskiryina	220 - myszy
Rubratoksyna B	400,0 - myszy
Patulina	10,0 - myszy
Scirpenol	7,3 - myszy
T-2 toksyna	3,8 - szczury

wadza się za pomocą różnych preparatów chemicznych jak np. Izomur, Pleśniotox, Murotox i wiele innych o różnym stopniu skuteczności. Polecany preparat w ekspertryzie mykologicznej powinien być skuteczny na grzyby, które zostały wyizolowane z konkretnego pomieszczenia i na których przeprowadzono badania toksykologiczne. Na podstawie wyników badań toksykologicznych wybiera się preparat do walki z grzybami lub zaleca się sporządzenie nowej kompozycji, która mogłaby skutecznie zniszczyć żywotność wszystkich grzybów w tym grzybów toksynotwórczych i ich zarodników. Po zabiegu dezynfekcji i zniszczeniu grzybów zalecałbym wymalowanie pomieszczenia na nowo farbami pozwalającymi na swobodne „oddychanie” murów.

Na zakończenie należy jeszcze zaznaczyć, że obecnie kontakt człowieka z produktami metabolizmu grzybów toksynotwórczych jest coraz większy. Jeżeli do tego doda się jeszcze sumujące działanie pestycydów, nitrozoamin, metali ciężkich czy dioksyn to istotnie zdrowie ludzkie jest poważnie zagrożone.

Dlatego też bardzo ważną sprawą jest uświadamianie i wszechstronna edukacja społeczeństwa również i w tym zakresie. Bo wydawałoby się, że grzyby to nic groźnego, a jednak ich obecność i działalność metaboliczna w pomieszczeniach mieszkalnych może zagrażać egzystencji człowieka na naszej zanieczyszczonej i zdewastowanej Ziemi.

#### Plśmiennictwo

- Aleksandrowicz J., Smyk B.: Mykotoksyny i ich rola w onkogenezie ze szczególnym uwzględnieniem chorób krwi. *Med. Weterynaryjna* 1970, 10, 600.
- Aleksandrowicz J., Czachor M., Schiffer Z., Smyk B.: Mycotoxins and their role in oncogenesis with special reference to blood diseases. *Hematologica Latina* 1970, 13, 115.
- Aleksandrowicz J., Smyk B.: Mycotoxins and their role in oncogenesis with special references to blood diseases. *Pol. Med. Hist. Bull.* 1971, 14, 25.
- Aleksandrowicz J., Smyk B., Czachor M., Dulak M.: Mykotoksyny i ich rola w etiologii chorób nowotworowych ludzi i zwierząt. *Pol. Arch. Med. Wewn.* 1971, 47, 331.
- Barrett C.J.: Mechanism of environmental carcinogenesis. CRC Pres, Inc., Boca Raton 1987.
- Czachor M.: Występowanie grzybów toksynotwórczych w środowiskach glebowych wybranych ekosystemów polowych i tyrawiastych. *Acta Agr. et Siliv., Ser. Agraria* 1985, 24, 73.
- Goldsmith J.R.: Environmental epidemiology: Epidemiological investigation of community environmental health problems. CRC Pres, Inc., Boca Raton 1987.
- Plontek M.: Występowanie grzybów pleśniowych w budownictwie mieszkaniowym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Zielonogórskiej, Inżynieria Środowiska* 1998, 116, 127.
- Plontek M., Żurek I.: Grzyby pleśniowe w budownictwie na tle warunków fizyko-chemicznych podłoża. *Zeszyty Naukowe Politechniki Zielonogórskiej, Inżynieria Środowiska* 1998, 1116, 139.
- Smyk B.: Występowanie i ekotoksykologia grzybów. *Ekologizm w Ochronie Zdrowia. Komisja Ochrony Zdrowia Społecznego - Oddział PAN w Krakowie* 1989, 213.
- Smyk B., Rosowski J.: Występowanie i ekologia grzybów we współczesnym budownictwie mieszkaniowym. III Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Ekologia a Budownictwo”, Bielsko-Biala 1991, 8.
- Smyk B., Jarosz A.: Zagrożenia ekotoksykologiczne środowisk przyrodniczych i zdrowia ludzkiego. VI Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Ekologia a Budownictwo”. Bielsko-Biala 1994, 7.
- Turner W.B.: Fungal metabolites. Academic Press, London and New York 1971.
- Wray B.B., O'Stenn K.G.: Mycotoxin-producing fungi from house associated with leucemia. *Arch. Environ. Health* 1975, 30, 571.
- Wyllie T.D., Morehouse L.G.: Mycotoxic Fungi, mycotoxins, mycotoxicoses. Vol.1. Mycotoxic Fungi and Chemistry of Mycotoxins. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel 1977.
- Zyska B.: Biologiczne zagrożenia budynku. Arkady, Warszawa 1999.