

Małgorzata Gołofit-Szymczak

Anna Jeżewska

Anna Ławniczek-Wałczyk

Rafał L. Górny

NARAŻENIE PRACOWNIKÓW KONSERWUJĄCYCH INSTALACJE WENTYLACYJNE NA SZKODLIWE CZYNNIKI BIOLOGICZNE I CHEMICZNE

EXPOSURE OF VENTILATION SYSTEM CLEANING WORKERS
TO HARMFUL BIOLOGICAL AND CHEMICAL AGENTS

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labour Protection –
National Research Institute, Warszawa, Poland
Pracownia Zagrożeń Biologicznych, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych /Laboratory of Biohazards,
Department of Chemical, Aerosol and Biological Hazards

STRESZCZENIE

Istotnym elementem eksploatacji instalacji wentylacyjnych jest regularna kontrola czystości wentylacji oraz okresowe usuwanie z niej zanieczyszczeń i ewentualnie dezynfekcja. Pracownicy prowadzący prace konserwacyjne (naprawy, czyszczenie, wymiana filtrów) instalacji wentylacyjnej narażeni są na niebezpieczne substancje chemiczne i szkodliwe czynniki biologiczne. W instalacjach wentylacyjnych panują zazwyczaj warunki sprzyjające rozwojowi mikroorganizmów – głównie bakterii i grzybów. Przyczyniają się do tego powierzchnie zanieczyszczone cząstkami pyłu czy zwiększona wilgotność powietrza w kanałach wentylacyjnych, spowodowana przez filtry powietrza, izolacje cieplne, tłumiki hałasu, chłodnice powietrza itp. Narażenie na czynniki chemiczne pracowników wykonujących prace związane z czyszczeniem i dezynfekcją instalacji wentylacyjnych wynika z kontaktu z zanieczyszczeniami uwalnianymi z wyeksploatowanych materiałów uszczelniających, klejów, ognioodpornych wykładzin i materiałów izolacyjnych, lotnych związków organicznych w filtrach powietrza, tłumikach hałasu i materiałach izolacyjnych oraz ze środków czyszczących i dezynfekujących. Narażenie na szkodliwe czynniki chemiczne i biologiczne może prowadzić do wystąpienia niekorzystnych efektów zdrowotnych – od reakcji alergicznych, podrażnień, infekcje, po reakcje toksyczne oraz inne niespecyficzne symptomy. Brak badań dla tej grupy pracowników dotyczących narażenia na szkodliwe czynniki chemiczne i biologiczne powoduje, że pracodawcy mają trudności z identyfikowaniem zagrożeń, czyli z oceną ryzyka zawodowego. Med. Pr. 2012;63(6):711–722

Słowa kluczowe: systemy wentylacyjne, środowisko pracy, szkodliwe czynniki biologiczne, bioaerozol, zagrożenia chemiczne

ABSTRACT

Regular checking on the cleanliness of the ventilation systems, as well as their periodic cleaning and, if necessary, disinfection are vital for the proper maintenance of each system. During maintenance operations (repairs, cleaning, filter replacement), workers are at risks associated with exposure to hazardous chemicals and harmful biological agents. In ventilation systems there are usually favorable conditions for the development of microorganisms, mainly bacteria and fungi, due to surfaces contaminated with dust particles or increased humidity caused by ventilation ducts, air filters, thermal insulation, noise dampers, air coolers, etc. Workers who perform cleaning and disinfection operations on ventilation systems are exposed to chemical agents through contacts with contaminants released from sealing materials, adhesives, fireproof lining and insulating materials, volatile organic compounds present in air filters, noise dampers and insulating materials, as well as with cleaning agents and disinfectants. Exposure to harmful chemical and biological agents may induce adverse health effects ranging from allergic reactions and irritation through infections to toxic reactions and other non-specific symptoms. Due to lack of studies on the exposure of this group of workers, employers face great difficulties in identifying hazards, which prevent them from performing an occupational risk assessment. Med Pr 2012;63(6):711–722

Key words: ventilation systems, work environment, harmful biological agents, bioaerosols, chemical hazards

Adres 1. autorki: Pracownia Zagrożeń Biologicznych, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych,
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: magol@ciop.pl
Nadesłano: 11 października 2012, zatwierdzono: 20 listopada 2012

WSTĘP

Jakość powietrza wewnętrznego od wielu lat stanowi przedmiot szczególnego zainteresowania człowieka. W dokumencie Światowej Organizacji Zdrowia pt. „Prawo do zdrowego powietrza wewnętrznego” stwierdzono, że właściwa jego jakość jest wyznacznikiem zdrowia i dobrego samopoczucia ludzi (1). W środowisku wewnątrz ludzie narażeni są na działanie wielu czynników szkodliwych i uciążliwych, takich jak zanieczyszczenia chemiczne, biologiczne, hałas, drgania mechaniczne, pola elektromagnetyczne, oświetlenie, elektryczność statyczna czy zmienny mikroklimat.

Obecnie na świecie powszechnie stosowane są różne rozwiązania techniczne mające na celu poprawę stanu powietrza pomieszczeń. Jednym z nich są systemy wentylacyjne. Nowoczesne instalacje wentylacyjne umożliwiają redukcję zanieczyszczenia powietrza. Na jakość powietrza w pomieszczeniach wyposażonych w wentylację mechaniczną lub klimatyzację wpływają cztery podstawowe procesy (2):

- pobieranie powietrza zewnętrznego,
- oczyszczanie powietrza przepływającego przez daną instalację z zanieczyszczeń pyłowych i biologicznych oraz rozprowadzenie go do poszczególnych pomieszczeń w obrębie budynku,
- emisja własna zanieczyszczeń powstałych wskutek kolonizacji przez mikroorganizmy poszczególnych elementów instalacji,
- usuwanie zanieczyszczeń powietrza, które powstały na skutek emisji wewnętrznej w pomieszczeniach (np. przez ludzi, rośliny, materiały wykończeniowe), poprzez rozcieńczanie lub wypieranie ich przez czyste powietrze dostarczane z instalacji (wymiana powietrza w pomieszczeniach zależna od kubatury i liczby osób).

Zainstalowany w budynku sprawnie działający system wentylacji/klimatyzacji zapewnia, że swobodna migracja zanieczyszczeń pyłowych ze środowiska zewnętrznego do wewnątrz jest praktycznie niemożliwa. Zarówno powietrze wchodzące do systemu, jak i rozprowadzane do poszczególnych pomieszczeń jest uzdatnianie (najczęściej poprzez jego filtrację) w celu eliminacji obecnych w nim zanieczyszczeń biologicznych i chemicznych oraz zapewnienia mu optymalnej temperatury i wilgotności (3–7).

Niewłaściwie konserwowana instalacja wentylacyjna (np. przez stosowanie filtrów o zbyt niskiej sprawności wychwytu cząstek, długotrwałą eksploatację filtrów, niesystematyczne czyszczenie lub dezynfekcja) może być – wskutek procesu wtórnego pylenia – źród-

łem kontaminacji powietrza przepływającego przez przewody wentylacyjne (5,7–10). Część zanieczyszczeń zgromadzonych na wewnętrznych powierzchniach przewodów wentylacyjnych wraz ze strumieniem płynącego powietrza może być rozprowadzana zarówno po innych elementach instalacji, jak i obsługiwanych przez nią pomieszczeniach (5,11–13).

Istotnym elementem eksploatacji instalacji wentylacyjnych jest regularna kontrola jej jakości higienicznej oraz okresowe jej czyszczenie i ewentualnie dezynfekcja.

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się dynamiczny rozwój firm zajmujących się konserwacją instalacji wentylacyjnych, a co za tym idzie wzrasta liczba pracowników w nich zatrudnionych. Pracownicy prowadzący prace konserwacyjne instalacji wentylacyjnej (naprawy, czyszczenie, wymianę filtrów) narażeni są m.in. na:

- niebezpieczne substancje chemiczne – np. w wyniku kontaktu z preparatami czyszczącymi, biobójczymi, czynnikami chłodzącymi z układów chłodniczych;
- szkodliwe czynniki biologiczne – np. mikroorganizmy występujące w pyłach lub obiegach wodnych systemów chłodniczych.

Dotychczas ta grupa zawodowa nie była monitorowana pod kątem występowania zagrożeń biologicznych i chemicznych na stanowiskach pracy, co w zasadniczy sposób wpływa na nieprawidłowe zarządzanie bezpieczeństwem jej pracy.

METODY CZYSZCZENIA INSTALACJI WENTYLACYJNYCH I KLIMATYZACYJNYCH

Proces czyszczenia instalacji składa się z następujących etapów:

1. Ocena wstępna występowania ewentualnych zanieczyszczeń – kontrola czystości instalacji może być wykonana optycznie poprzez przeprowadzenie bezpośrednich badań wizualnych przy użyciu przyrządów inspekcyjnych – boreskopów lub badań zdalnych, z zastosowaniem samojezdnych kamer (5).
2. Usunięcie zanieczyszczeń – do czyszczenia przewodów wentylacyjnych najczęściej stosuje się metody mechaniczne, z wykorzystaniem szczotek zamocowanych na napędzanych elektrycznie, pneumatycznie lub hydraulicznie wałkach obrotowych, szczotek obrotowych zamontowanych na samojezdnych robotach, sprężonego powietrza dostarczanego za pomocą obrotowych dysz, czyszczenia suchym lodem rozpylanym z dyszy lub za pomocą ultradźwięków lub ręcznego czyszczenia (obejmującego czyszczenie szczotkami i wycieranie) (6).

3. Dezynfekcja – stosowane są metody chemiczne, w których wykorzystuje się płynne roztwory preparatów biobójczych rozpylane przez obrotowe, ciśnieniowe dysze, lub metody fizyczne (ozonowanie lub promieniowanie UV-C).
4. Izolacja za pomocą hermetycznej powłoki – do izolacji trudnych do usunięcia mechanicznie lub odpornych na dezynfekcję zanieczyszczeń biologicznych stosuje się metodę izolacji zanieczyszczonej powierzchni przy użyciu hermetycznej powłoki.
5. Kontrola końcowa – ocenia się skuteczność zastosowanych metod w oczyszczaniu systemu z pyłu i zanieczyszczeń biologicznych.

ZAGROŻENIA SZKODLIWYMI CZYNNIKAMI BIOLOGICZNYMI

W instalacjach wentylacyjnych panują zazwyczaj warunki sprzyjające rozwojowi szkodliwych czynników biologicznych – głównie bakterii i grzybów, stwarzane dzięki powierzchniom zanieczyszczonym cząstkami pyłu czy zwiększonej wilgotności powodowanej przez kanały wentylacyjne, filtry powietrza, izolacje cieplne, tłumiki hałasu, chłodnice powietrza itp. (3–5).

Z analizy publikacji dotyczących zanieczyszczeń mikrobiologicznych w instalacjach wentylacyjnych wynika, że najczęściej izolowane są w nich gatunki bakterii z rodzaju: *Bacillus* (*B. cereus*, *B. pumilus*), *Micrococcus* (*M. luteus*, *M. roseus*), *Staphylococcus* (*S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. hominis*, *S. capitis*), *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* i termofilne promieniowce, oraz gatunki grzybów z rodzaju: *Penicillium* (*P. expansum*, *P. chrysogenum*, *P. commune*, *P. citrinum*), *Aspergillus* (*A. fumigatus*, *A. flavus*), *Acremonium*, *Cladosporium*, *Alternaria* (*A. alternata*, *A. tenuissima*) i *Fusa-*

rium (*F. proliferatum*) (5,9,13–19). W tabeli 1. przedstawiono wybrane części instalacji wentylacyjnych i zasiedlające je mikroorganizmy (5,20).

Woda używana w pracy systemów chłodniczych urządzeń klimatyzacyjnych z upływem czasu może stać się doskonałym medium sprzyjającym rozmnażaniu się mikroorganizmów, m.in. grzybów z rodzaju *Acremonium* i *Penicillium* (5,19,20). Elementy instalacji wentylacyjnych, które generują aerozol wodny (np. wieże chłodnicze, chłodnice, wymienniki wyparne, układy z komorą zraszania, układy ze zraszonymi wymiennikami płytowymi), stwarzają dogodne warunki do rozwoju bakterii z gatunku *Legionella*. Według Państwowego Zakładu Higieny w Polsce bakterię *Legionella* wykrywa się w 30–60% instalacji wodnych budynków publicznych (21,22).

Szkodliwe czynniki biologiczne mogą wnikać do organizmu człowieka:

- drogą inhalacyjną poprzez układ oddechowy,
- w wyniku bezpośredniego kontaktu – przez skórę (głównie rąk) czy nabłonek (nosa, ust i spojówek),
- drogą pokarmową – ze skażonym biologicznie pokarmem lub poprzez przeniesienie np. brudnymi rękami zanieczyszczeń do układu pokarmowego.

W rozprzestrzenianiu się szkodliwych czynników biologicznych w środowisku pracy największą rolę odgrywa droga powietrzna (aerogenna) – wdychanie przez przebywających w danym pomieszczeniu aerozolu, który zawiera duże stężenie drobnoustrojów, ich toksyn i alergenów. Czynniki te transportowane drogą powietrzną działają również na skórę i spojówki.

Narażenie na wysokie stężenia aerozoli biologicznych inicjuje w organizmie szereg immunopatogennych reakcji, które prowadzą do reakcji alergicznych, infekcji, reakcji toksycznych oraz innych niespecyficznych objawów (23).

Tabela 1. Mikroorganizmy zasiedlające wybrane części instalacji wentylacyjnej
Table 1. Selected elements of ventilation systems colonized by microorganisms

Elementy instalacji Elements of ventilation systems	Rodzaj mikroorganizmu Type of microorganism
Powierzchnie przewodów / Duct surfaces	<i>Aspergillus</i> , <i>Acremonium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Rhodotruia</i> , <i>Geotrichum</i> , <i>Mucor</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Nocardia</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Arthroacter</i> , <i>Brevibacterium</i>
Chłodnice powietrza / Air coolers	<i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Penicillium</i>
Odkraplacze, odwadniacze, zasyfonowania / Droplet separators, dehydrators, siphons	<i>Legionella</i> , <i>Thermoactinomyces</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Acremonium</i> , <i>Sporobolomyces</i> , <i>Itrosolia</i>
Filtry / Filters	<i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Acremonium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Pseudomonas</i>
Wieże chłodnicze / Cooling towers	<i>Legionella</i> , <i>Thermoactinomyces</i> , <i>Acremonium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Aspergillus</i>
Nawilżacze, komory zraszania / Air humidifiers, air washers	<i>Acremonium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Phoma</i> , <i>Ulocladium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Micropolyspora</i> , <i>Legionella</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Serratia</i>

Alergia jest reakcją nadwrażliwości organizmu, która pojawia się w odpowiedzi na substancje zewnątrzpochodne zwane alergenami i jest zapoczątkowana przez mechanizmy immunologiczne. Alergenami mogą być bakterie i grzyby oraz produkty ich przemiany materii, które występują w pyłe organicznym powstającym w wyniku mechanicznego czyszczenia instalacji lub na konserwowanych elementach instalacji wentylacyjnych. Alergeny grzybów są główną przyczyną chorób o podłożu atopowym (24). Około 100 gatunków grzybów jest łączonych przyczynowo z symptomami związanymi z chorobami alergicznymi układu oddechowego (25,26). Dotyczy to najczęściej takich gatunków grzybów, jak *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* i *Mucor* (27–29).

Występowanie i rozwój niektórych gatunków grzybów pleśniowych wiąże się z uwalnianiem do środowiska substancji o działaniu toksycznym: mikotoksyn, wtórnych metabolitów (lotne związki organiczne) lub składników ściany komórkowej (glukanów) (30,31). Do najgroźniejszych mikotoksyn należą aflatoksyny wytwarzane przez *Aspergillus flavus*, ochratoksyny uwalniane przez *Aspergillus ochraceus* oraz rubratoksyny wytwarzane przez *Penicillium rubrum* (32). Lotne związki obejmują organiczne niskocząsteczkowe struktury, o właściwościach szkodliwych, często toksycznych, takie jak alkohole, aldehydy, ketony, kwasy organiczne i sole (33).

Większość bakterii nie stanowi zagrożenia dla zdrowia człowieka przy niskich ich stężeniach w bioaerozolu, jednak część z nich ma właściwości alergizujące (34). Występowanie i rozwój niektórych gatunków bakterii wiąże się z występowaniem w bioaerozolu substancji pochodzenia drobnoustrojowego o działaniu immunotoksycznym, np. endotoksyna bakteryjna. Endotoksyny wdychane przez człowieka wraz z kurzem domowym aktywują nieswoiste makrofagi płucne, które wydzielają liczne substancje o silnym działaniu biologicznym, określane jako mediatory reakcji zapalnej (cytokiny, aktywne biologicznie lipidy, enzymy). Wywołują one odczyn zapalny w płucach, podwyższenie temperatury ciała i skurcz oskrzeli. Objawy te występują w przebiegu tzw. toksycznego zapalenia płuc (organic dust toxicity syndrome – ODTs, syndrom toksyczny wywołany pyłem organicznym). Endotoksyny mogą również zastrzącać przebieg astmy oskrzelowej (35–37).

Gram-ujemne pałeczki *Legionella pneumophila* są czynnikiem etiologicznym legionelozy (choroby legionistów i gorączki Pontiac). Legionelozę ma postać ciężkiego, szybko postępującego zapalenia płuc z wysoką gorączką (powyżej 40°C), dreszczami, złym samopo-

czuciem, suchym kaszlem, biegunką, objawami neurologicznymi, uszkodzeniem wątroby, bradykardią itp. Gorączka Pontiac charakteryzuje się znacznie łagodniejszym przebiegiem, podobnym do grypy (21,38). Grzyby z rodzaju *Penicillium*, *Cladosporium* i *Aspergillus* oraz endotoksyna bakterii z rodzaju *Flavobacterium* są odpowiedzialne za tzw. gorączkę nawilżaczy. Charakteryzuje się ona dreszczami, bólami mięśni, podwyższoną temperaturą ciała i złym samopoczuciem.

Zgodnie z Rozporządzeniem 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 (39) pracodawca jest zobowiązany do dokonywania oceny ryzyka zawodowego dla pracujących w narażeniu na szkodliwe czynniki biologiczne. Niezbędnym elementem tej oceny jest zebranie informacji o czynnikach biologicznych występujących lub mogących występować podczas czynności wykonywanych przez pracownika, ich identyfikacja i klasyfikacja do określonej grupy zagrożenia (w skali 1–4), zgodnie z wykazem zamieszczonym w załączniku nr 1 do ww. rozporządzenia.

Z dokumentacji oceny ryzyka związanego z narażeniem na czynniki biologiczne powinno jasno wynikać, jakie czynniki (skład gatunkowy i przynależność do grupy zagrożenia) zidentyfikowano podczas wykonywanych przez pracownika czynności. W dostępnym piśmiennictwie nie ma doniesień na temat narażenia konserwatorów instalacji wentylacyjnych na szkodliwe czynniki biologiczne, co w znaczący sposób utrudnia szacowanie ryzyka zawodowego.

NARAŻENIE NA SUBSTANCJE CHEMICZNE

Konserwatorzy wykonujący czynności związane z czyszczeniem i dezynfekcją instalacji wentylacyjnych mogą być narażeni na (40):

- zanieczyszczenia uwalniane z wyeksploatowanych uszczelek, materiałów doszczelniających i klejów (polimery akrylowe, kauczuk butadienowy, chloroprenowy, butylowy, poli(chlorek winylu), silikon itp.);
- włókna szklane, fragmenty włóknistych, ognioodpornych wykładzin i materiałów izolacyjnych (w starszych instalacjach klimatyzacyjnych także włókna azbestu);
- lotne związki organiczne w filtrach powietrza, tłumikach hałasu i materiałach izolacyjnych.

W warunkach narażenia zawodowego na stanowiskach pracy konserwatorów instalacji wentylacyjnych wchłanianie substancji chemicznych do organizmu na-

stępuje przede wszystkim przez drogi oddechowe, skórę i z przewodu pokarmowego. Oddziaływanie związków chemicznych na organizm osoby zajmującej się czyszczeniem instalacji wentylacyjnych może objawiać się zarówno jako ostre (skutki natychmiastowe), jak i przewlekłe (rozwijające się w organizmie po dłuższym lub krótszym okresie utajenia). Jest to spowodowane różnymi reakcjami organizmu na szkodliwe substancje chemiczne w zależności od ich własności fizykochemicznych, drogi wchłaniania, dawki, ogólnego stanu zdrowia pracownika, sposobu odżywiania, płci, wieku osoby narażonej, a także od czynników środowiskowych (temperatury, okresu narażenia, wilgotności powietrza) (41–43).

Wśród wielu publikacji dotyczących personelu sprząającego nieliczne dotyczą narażenia konserwatorów instalacji wentylacyjnych na szkodliwe czynniki chemiczne. Z badań wynika, że narażenie personelu sprząającego na czynniki chemiczne zależy od rodzaju substancji chemicznych, które wchodzi w skład usuwanego brudu (kurzu, pyłu) i środków stosowanych do sprząania (44,47). Niektóre środki czyszczące ze względu na zawarte w nich substancje chemiczne mogą powodować problemy oddechowe (np. podrażnienie górnych dróg oddechowych) czy alergie, zwłaszcza jeśli są zbyt intensywnie rozpylane lub stosowane bez odpowiednich zabezpieczeń (ochron osobistych).

Zagrożenia powodowane przez frakcję respirabilną pyłów

W instalacjach wentylacyjnych są zainstalowane filtry powietrza, które z dużą sprawnością wychwytyują cząstki pyłu o większych rozmiarach. Wraz ze zmniejszeniem się średnicy cząstek pyłu zwiększa się stopień ich przenikania przez filtry, co prowadzi do wzrostu udziału frakcji respirabilnej pyłów w zanieczyszczeniach instalacji. Frakcja ta jest najbardziej szkodliwą postacią pyłów dla ludzi, ponieważ organizm ludzki nie ma zdolności obrony przed nią – pyły o frakcji respirabilnej wnikają aż do obszaru wymiany gazowej pęcherzyków płucnych. W kurzu zalegającym w instalacjach wentylacyjnych mogą występować różne substancje chemiczne: lotne związki organiczne, średnio lotne związki organiczne, cząstki drobnodispersyjne, substancje nieorganiczne i inne (47). Najbardziej narażeni na wdychanie respirabilnej frakcji pyłów są konserwatorzy, którzy odkurzają instalację, czyli czyszczą ją „na sucho”. Z uwagi na dużą szkodliwość wdychania frakcji respirabilnej pyłów osoby przeprowadzające naprawy i czyszczenie instalacji powinny stosować środki ochronne górnych dróg oddechowych podczas wykonywania tych prac (2).

Zagrożenia powodowane przez środki czyszczące i dezynfekujące

Do mycia instalacji wentylacyjnych stosowane są takie same środki czyszczące jak do czyszczenia powierzchni biurowych. Mogą one zawierać: wodorotlenki (sodu, potasu, amonu), kwasy (octowy, fosforowy), sole kwasów tłuszczowych, organiczne sulfoniany, czynniki kompleksujące, aldehydy, środki zapachowe i barwniki – rozpuszczone w wodzie (48–50).

Efektywność walki z zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi występującymi w instalacjach wentylacyjnych zwiększa dezynfekowanie wyczyszczonych powierzchni. Najbardziej rozpowszechnione są metody dezynfekcji chemicznej. Żeby dezynfekcja była skuteczna, środek odkażający powinien charakteryzować się dobrą skutecznością biobójczą, doskonałą zdolnością zwilżania powierzchni, szybkim działaniem przy niskim stężeniu użytkowym, stabilnością w postaci roztworów roboczych i wysokim stopniem biodegradacji.

Wśród czynników chemicznych stosowanych do dezynfekcji możemy wyróżnić: czwartorzędowe sole amoniowe, alkohole, aldehydy, związki fenolowe, pochodne biguanidu, związki metali ciężkich, związki halogenowe, utleniacze, surfaktanty, a także kwasy i zasady. Często w skład środków do czyszczenia wchodzi również składniki dezynfekujące i takie uniwersalne środki są najchętniej używane przez konserwatorów.

Środki stosowane obecnie w Polsce do czyszczenia i dezynfekcji instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych zestawiono w tabeli 2. Zagrożenia zdrowotne – według Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r., zwanego rozporządzeniem GHS (51) – wyszczególnione w tabeli 2., odnoszą się do substancji czystej (100%), a nie do jej stężenia występującego w mieszaninie. Stopień zagrożenia dla zdrowia zależy od typu stosowanego produktu, częstotliwości kontaktu z nim, a także od jego ilości oraz sposobu stosowania. Mniejsze stężenie substancji niebezpiecznej w mieszaninie zmniejsza także zagrożenie dla zdrowia jej użytkownika. Jeśli podczas konserwacji instalacji wentylacyjnych wykonywane są czynności powodujące powstawanie aerozoli, w których skład wchodzi szkodliwe substancje chemiczne (intensywnie rozpylane preparatów), może to być przyczyną alergii i/lub podrażnienia układu oddechowego.

Nazaroff i Weschler (46) opisali przykłady występowania alergii i astmy u osób sprząających, które korzystają ze środków do czyszczenia zawierających 2-aminoetanol (etanoloamina). Używają jej również konserwatorzy instalacji wentylacyjnych.

Tabela 2. Środki stosowane w Polsce do czyszczenia i dezynfekcji instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych
Table 2. Preparations used to clean and disinfect air conditioning and ventilation ducts

Nazwa handlowa stosowanej mieszanki (producer)	Zastosowanie Usage	Niebezpieczne składniki [nr CAS] Hazardous ingredients [CAS No]	Zawartość w mieszaninie Contents	Zagrożenia dla zdrowia Adverse human health effects
NK 200 [MC-6800] (MC Polska Czuper Sp. j.)	środek do mycia i odtuszczenia / the preparation is designed to clean and degrease	wodortlenek sodu / sodium hydroxide [1310-73-2]	1-2%	substancja żrąca, powoduje poważne oparzenia / corrosive, causes severe burns
		nitrylotriocian tri sodu / trisodium nitrilotriacetate [5064-31-3]	5-15%	substancja szkodliwa, działa szkodliwie po połknięciu, działa drażniąco na oczy / harmful, harmful if swallowed, irritating to eyes
		amfoteryczne środki powierzchniowo-czynne / (N,N-Dimethylmetylammonio)acetate [2601-33-4]	1-5%	substancja drażniąca, działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę / irritant, irritating to eyes, respiratory system and skin
		polimer na bazie oksyetylowanego alkoholu długolącuchowego (C13), rozgałęzionego / tridecylpolythylanglycol [69011-36-5]	1-5%	substancja szkodliwa, działa szkodliwie po połknięciu, ryzyko poważnego uszkodzenia oczu / harmful, harmful if swallowed, risk of serious damage to eyes
		niejonowe środki powierzchniowo-czynne / / Coco Diethanol amide [61789-19-3]	1-5%	substancja drażniąca, działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę / irritant, irritating to eyes, respiratory system and skin
Albrite [MC-1102] (MC Polska Czuper Sp. j.) / / Albrite (Amity UK. Ltd)	środek do czyszczenia / / the preparation is designed to clean	kwas azotowy / nitric acid solution [7697-37-2]	1-5%	substancja utleniająca i żrąca, kontakt z materiałami zapalnymi może spowodować pożar, powoduje poważne oparzenia / oxidizing, contact with combustible material may cause fire, corrosive, causes severe burns
		kwas fosforowy / phosphoric acid [7664-38-2]	10-30%	substancja żrąca, powoduje oparzenia / corrosive, causes burns
		alkohol etoksylowany / ethoxylated alcohol [-]	1-5%	substancja szkodliwa, działa szkodliwie po połknięciu, działa drażniąco na skórę, ryzyko poważnego uszkodzenia oczu / harmful, harmful if swallowed, irritating to skin, risk of serious damage to eyes
Virusolve™ ₊ Koncentrat [MC-1010] (MC Polska Czuper Sp. j.) / / Virusolve™ ₊ (Amity UK. Ltd)	płyn przeznaczony do mycia i dezynfekcji / / specialized cleaner and disinfecting solution for medium duty cleaning and disinfection	2-aminoetanol / 2-Aminoethanol [141-43-5]	< 5%	substancja żrąca i szkodliwa, powoduje oparzenia, działa szkodliwie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu, pary mogą wywołać uczucie senności i zawroty głowy / corrosive, causes burns, harmful, harmful by inhalation, in contact with skin and if swallowed, vapors may cause drowsiness and dizziness
		chlorek didecyldimetyloamoniowy / Didecyldimethyl ammonium Chloride [7173-51-5]	< 5%	substancja żrąca, powoduje oparzenia, działa szkodliwie po połknięciu / corrosive, causes burns, harmful if swallowed
		surfaktant niejonowy / non-ionic surfactants [68439-49-6]	< 3%	substancja szkodliwa, działa szkodliwie po połknięciu, powoduje poważne uszkodzenie oczu / harmful, harmful if swallowed, risk of serious damage to eyes

	węglan potasu / potassium carbonate [584-08-7]	< 3%	substancja drażniąca, działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę / irritant, irritating to eyes, respiratory system and skin,
	N-(3-aminopropyl)-N-dodecylopropano-1,3-diamina / Bis (3-aminopropyl) dodecylamine [2372-82-9]	< 10%	substancja żrąca, powoduje oparzenia, działa szkodliwie po połknięciu / corrosive, causes burns, harmful if swallowed
	propan-2-ol / propan-2-ol [67-63-0]	5-8%	substancja wysoce łatwo palna i drażniąca, działa drażniąco na oczy, pary mogą wywoływać uczucie senności i zawroty głowy / highly flammable, irritating to eyes, vapors may cause drowsiness and dizziness
	eter polioksyetylenowych syntetycznych alkoholi tłuszczowych / alcohols, C9-11, ethoxylated [68439-46-3]	< 2%	substancja szkodliwa i drażniąca, działa szkodliwie po połknięciu, powoduje poważne uszkodzenie oczu / harmful and irritant, harmful if swallowed, risk of serious damage to eyes
	propan/butan/izobutan – mieszanina skroplona pod ciśnieniem / propane/butane/isobutane – liquid gas [74-98-6]/[106-97-8]/[75-28-5]	< 30%	substancje skrajnie łatwopalne / extremely flammable
	etanol / ethanol [64-17-5],	48%	substancja łatwopalna / flammable
	2-fenoksyetanol / 2-phenoxyethanol [122-99-6]	0,5-2%	substancja szkodliwa, działa szkodliwie po połknięciu, działa drażniąco na oczy / irritating to eyes – harmful if swallowed
	butylokarbaminian 3-jodo-2-propynilu / 3-Iodo-2-propynyl N-butylcarbamate [55406-53-6]	0,01%	substancja toksyczna, działa toksycznie przez drogi oddechowe, działa szkodliwie po połknięciu, ryzyko poważnego uszkodzenia oczu, może powodować uczulenie w kontakcie ze skórą / toxic by inhalation, harmful if swallowed, risk of serious damage to eyes, may cause sensitization by skin contact
	sulforkanol [91648-56-5] pochodna, sól sodowa wodorosiarczanu 2-(2-etoksyetoksy)-2'-[(C12-15-alkil)oksy]etanolu	< 2%	substancja drażniąca – działa drażniąco na oczy i skórę / irritant, irritating to eyes and skin
	2-butoksyetanol / 2-butoxyethanol [111-76-2]	< 5%	działa szkodliwie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu, działa drażniąco na oczy i skórę / harmful by inhalation, in contact with skin and if swallowed, irritating to eyes and skin
	krzemian sodu / sodium silicate [1344-09-8]	< 1%	działa drażniąco na skórę, powoduje poważne uszkodzenie oczu / irritating to skin, risk of serious damage to eyes
	czwartorzędowe związki amoniowe, chlorek benzylo-C12-16-alkilodimetyloamoniowy / alkyl dimetylbenzyl ammonium chloride [68424-85-1]	< 1%	działa szkodliwie po połknięciu, powoduje oparzenia / harmful if swallowed, causes burns,
	Triton X-100; roztwór glikolu 4-(1,1,3,3-tetrametylobutyl)fenylo-polietylenowego [9002-93-1] / Triton X-100; polyethylene glycol p-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-phenyl ether	< 1%	działa szkodliwie po połknięciu, powoduje poważne uszkodzenie oczu / harmful if swallowed, risk of serious damage to eyes
Klimatyzacja Cleaner Expert Line (Rytm-L.Sp. z o.o.) / Air Conditioning Cleaner (Expert Line®)	produkt przeznaczony do czyszczenia klimatyzacji i jej odświeżania / the preparation is designed to clean and refresh all kinds of air vents, ventilation ducts and air conditioning		
Preparat do czyszczenia i odświeżania (Wytwórnia Chemiczna „Cargo”)	antybakteryjny i przeciwigzybiczny preparat do czyszczenia i odświeżania klimatyzacji / cleaner and disinfecting solution		
G2G-Care (Diversitech)	środek czyszczący i dezynfekujący / cleaner and disinfecting solution		

Tabela 2. Środki stosowane w Polsce do czyszczenia i dezynfekcji instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych – cd.
Table 2. Preparations used to clean and disinfect air conditioning and ventilation ducts – cont.

Nazwa handlowa stosowanej mieszanki (product) Product trade name (producer)	Zastosowanie Usage	Niebezpieczne składniki [nr CAS] Hazardous ingredients [CAS No]	Zawartość w mieszaninie Contents	Zagrożenia dla zdrowia Adverse human health effects
Frionett® Activ' (Climalife)	środek dezynfekujący i odświeżający / disinfecting and deodorant product	propan-2-ol / propan-2-ol [67-63-0] czwartorzędowe związki amoniowe, chlorki benzylo-C12-18-alkilodimetyloamoniowe / / quaternary ammonium compounds, benzyl-C12-18-alkyldimethyl, chlorides [68391-01-5]	25–50% < 2,5%	substancja wysoce łatwopalna i drażniąca, działa drażniąco na oczy, pary mogą wywoływać uczucie senności i zawroty głowy / highly flammable, vapors may cause drowsiness and dizziness substancja żrąca i szkodliwa, powoduje oparzenia, działa szkodliwie w kontakcie ze skórą i po połknięciu/ harmful in contact with skin and if swallowed, causes burns
Pro-Universal™ (DiversiTech)	koncentrat do czyszczenia / / universal cleaner	eter dimetylowy / dimethylether [115-10-6] gluaraaldehyd / glutaraldehyd [111-30-8]	25–50% < 1%	substancja skrajnie łatwo palna / extremely flammable substancja toksyczna i żrąca, działa toksycznie przez drogi oddechowe i po połknięciu, powoduje oparzenia / toxic by inhalation and if swallowed, causes burns, may cause sensitization by inhalation and skin contact
		wodorotlenek potasu / potassium hydroxide [1310-58-3] krzemian sodu / sodium silicate [1344-09-8]	10–20% 10–20%	substancja żrąca i szkodliwa, działa szkodliwie po połknięciu, powoduje poważne oparzenia / corrosive and harmful, harmful if swallowed, causes severe burns substancja drażniąca, działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę / irritating to eyes, respiratory system and skin,

KONTROLE INSTALACJI WENTYLACYJNYCH I KLIMATYZACYJNYCH – STAN PRAWNY

Zarówno w skali Polski, jak i Europy odczuwalny jest brak ujednoczonych wytycznych lub norm dotyczących dopuszczalnych poziomów zanieczyszczenia pyłowego i mikrobiologicznego instalacji wentylacyjnych. Ze względu na różnorodność taksonomiczną występujących w nich mikroorganizmów także w literaturze przedmiotu rzadko pojawiają się propozycje ich dopuszczalnych stężeń w instalacjach wentylacyjnych. Dostępne w literaturze przedmiotu higieniczne standardy czystości mikrobiologicznej instalacji wentylacyjnych przedstawiono w tabeli 3.

W Polsce nie powstały dotychczas żadne przepisy określające częstotliwość i metody przeprowadzania kontroli instalacji wentylacyjno-klimatyzacyjnych. Wyjątek stanowi Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 10 listopada 2006 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej (54). Zgodnie z nim instalacje i urządzenia wentyla-

cji mechanicznej i klimatyzacji w obiektach służby zdrowia powinny podlegać okresowemu przeglądowi lub czyszczeniu, lub wymianie elementów instalacji według zaleceń producenta. Z kolei Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (55) obliguje do usuwania zanieczyszczeń z przewodów dymowych i spalinowych obiektów budowlanych co najmniej raz w roku, jeżeli większa częstotliwość nie wynika z warunków użytkowych.

Zalecenia dotyczące częstotliwości kontroli czystości instalacji wentylacyjnej można znaleźć w dwóch polskich normach – PN-EN 15239:2010 oraz PN-EN 15240:2007 (56,57). Załącznik D normy PN-EN 15239:2010 zaleca przeprowadzanie kontroli wszystkich systemów i elementów instalacji wentylacyjnych co 5 lat, natomiast załącznik F wskazuje, że częstotliwość kontroli instalacji wentylacyjnej zależy od jej rodzaju, podatności na zanieczyszczenie, czasu eksploatacji, kierunku przepływu powietrza i konserwacji. Norma PN-EN 15240:2007 zaleca przeprowadzanie kontroli

Tabela 3. Stężenia mikroorganizmów w powietrzu wewnątrz instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych (14,52,53)
Table 3. Concentration of microorganisms present in the air of ventilation and air conditioning systems (14,52,53)

Stężenie [jtk/m ³] Concentration [cfu/m ³]	Ocena higieniczna Hygiene assessment
Bakterie / Bacteria	
chorobotwórcze / pathogenic (np. / e.g. <i>Legionella pneumophila</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i>)	występowanie niedopuszczalne / unacceptable presence
inne / other	
< 50	bardzo niskie stężenie / very low concentration
51–100	niskie stężenie / low concentration
101–500	średnie stężenie / medium concentration
501–2000	wysokie stężenie / high concentration
> 2000	bardzo wysokie stężenie / very high concentration
Grzyby / Fungi	
chorobotwórcze / pathogenic (np. / e.g. <i>Penicillium marneffeii</i> , <i>Aspergillus fumigates</i> , <i>Blastomyces dermatidis</i>)	występowanie niedopuszczalne, niezależnie od stężenia / unacceptable occurrence regardless of the concentration
inne / other	
> 50	występowanie niedopuszczalne w przypadku obecności tylko jednego rodzaju grzyba / unacceptable in the presence of one type of fungus only
≤ 150	występowanie dopuszczalne w przypadku obecności większej liczby rodzajów grzybów / acceptable for a large number of fungal genera
≤ 300	występowanie dopuszczalne, jeśli głównymi rodzajami grzybów są <i>Cladosporium</i> lub <i>Philloplane</i> / acceptable if <i>Cladosporium</i> or <i>Philloplane</i> genus is the most prevalent fungus

czystości instalacji wentylacyjnych zgodnie z określonymi w danym kraju wymaganiami, przyjmując 3 lata jako wartość orientacyjną.

PODSUMOWANIE

W Polsce od lat 90. ubiegłego wieku sukcesywnie wzrasta liczba firm zajmujących się konserwacją instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Branża ta jest zdominowana przez małe firmy, które zatrudniają często mniej niż 10 pracowników. Szeroki zakres czynności wykonywanych przez pracowników czyszczących/konserwujących instalacje wentylacyjne – który obejmuje ręczne i mechaniczne czyszczenie przewodów wentylacyjnych, czyszczenie parą wodną, mycie i dezynfekcję, uszczelnianie instalacji – przeprowadzany jest w różnych obiektach (biurach, obiektach przemysłowych, sklepach wielkopowierzchniowych, szpitalach itp.). To sprawia, że pracownicy narażeni są na czynniki szkodliwe charakterystyczne nie tylko dla czynności, które wykonują, ale także dla miejsca, w którym pracują.

Zagrożenie pracowników konserwujących instalacje wentylacyjne może być związane z występowaniem:

- ryzyka wypadków – np. upadki podczas pracy prac na wysokości, porażenie prądem elektrycznym;
- ryzyka związanego z narażeniem na niebezpieczne substancje chemiczne – np. kontakt z preparatami czyszczącymi, biobójczymi, czynnikami chłodzącymi z układów chłodniczych;
- ryzyka związanego z narażeniem na szkodliwe czynniki biologiczne – np. mikroorganizmy występujące w pyłach lub obiegach wodnych systemów chłodniczych.

Brak badań dla tej grupy pracowników dotyczących narażenia na szkodliwe czynniki chemiczne i biologiczne powoduje, że pracodawcy mają trudności z identyfikowaniem zagrożeń, czyli z oceną ryzyka zawodowego.

W ramach programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie prowadzi ocenę narażenia na czynniki biologiczne i szkodliwe substancje chemiczne, które występują w środowisku pracy osób zajmujących się konserwacją instalacji wentylacyjnych. Badania na stanowiskach pracy będą stanowiły podstawę do oceny ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na szkodliwe czynniki biologiczne i chemiczne występującym podczas konserwacji instalacji wentylacyjnych. Uzyskane wyniki, które zostaną przedstawione w kolejnych publikacjach na łamach „Medycyny Pracy”, umożliwią okresową kontrolę warunków pracy wynikających z narażenia na wyżej wymienione czynniki szkodliwe.

PIŚMIENNICTWO

1. WHO: Report on a WHO meeting: The right to healthy indoor air, The Netherlands, Bilthoven. World Health Organisation, Regional Office for Europe Copenhagen, Denmark 2000
2. Kaiser K., Wolski A.: Klimatyzacja i wentylacja w szpitalach. Teoria i praktyka eksploatacji. Masta Sp. z o.o., Gdańsk 2007
3. Chang J.C.S., Foarde K.K., VanOsdell D.W.: Assessment of fungal (*Penicillium chrysogenum*) growth on three HVAC duct materials. Environ. Int. 1996;22:425–431
4. Charkowska A.: Czystość powietrza w systemach klimatyzacji. Techn. Chłodn. Klimatyz. 1996;1:5–11
5. Charkowska A.: Zanieczyszczenia w instalacjach klimatyzacyjnych i metody ich usuwania. IPPU MASTA, Gdańsk 2003
6. Kemp P.C., Neumeister-Kemp H.G., Esposito B., Lysek G., Murray F.: Changes in airborne fungi from the outdoors to indoor air; large HVAC systems in non problem buildings in two different buildings in two different climates. AIHA J. 2003;64:269–275
7. Sundell J., Levin H., Nazaroff W.W., Cain W.S., Fisk W.J., Grimsrud F. i wsp.: Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. Indoor Air 2011;21:191–204
8. Bogdan A., Charkowska A.: Instalacje wentylacyjne i klimatyzacyjne – kontrola stanu higienicznego (1). Bezpiecz. Pr. 2008;7–8:36–40
9. Łebkowska M.: Mikroorganizmy w materiałach filtracyjnych. Chłodn. Klimatyz. 2002;4:12–13
10. Noris F., Siegel J.A., Kinney K.A.: Evaluation of HVAC filters as a sampling mechanism for indoor microbial communities. Atmospheric 2011;45:338–346
11. Brosseau L.M., Vesley D., Kuehn T.H., Melson J., Han H.S.: Methods and criteria for cleaning contaminated ducts and air-handling equipment. ASHRAE Trans. 2000;106:188–189
12. Charkowska A.: Zanieczyszczenia w instalacjach klimatyzacyjnych i metody ich usuwania. Techn. Chłodn. Klimatyz. 2000;9:376–382
13. Zuraimi M.S.: Is ventilation duct clearing useful? A review of scientific evidence. Indoor Air 2010;20:445–457
14. Charkowska A., Bogdan A.: Instalacje wentylacyjne i klimatyzacyjne – metody czyszczenia i dezynfekcji (2). Bezpiecz. Pr. 2008;10:16–17
15. Gołofit-Szymczak M., Górny R.L.: Bacterial and fungal aerosols in air-conditioned office buildings in Warsaw, Poland – the winter season. JOSE 2010;16:465–476

16. Noris F., Siegel J.A., Kinney K.A.: Evaluation of HVAC filters as a sampling mechanism for indoor microbial communities. *Atmos. Environ.* 2011;45:338–346
17. Pasanen P., Pasanen A.L., Jantunen M.J.: Water condensation promotes fungal growth in ventilation ducts. *Indoor Air* 1993;3:106–112
18. Pasanen P.: Emissions from the filters and hygiene of air ducts in the ventilation systems of office buildings [rozprawa doktorska]. University of Kuopio, Kuopio 2008
19. Seppänen O., Fisk W.J.: Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *Indoor Air* 2002;12:98–112
20. Price D.L., Simmons R.B., Crow S.A., Ahearn D.G.: Mold colonization during use of preservative-treated and untreated air filters, including HEPA filters from hospitals and commercial locations over an 8-year period (1996–2003). *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2005;32:319–321
21. Stypułkowska-Misiurewicz H., Pancer K.: Legionelloza – nowe zagrożenie w Polsce. *Przegl. Epidemiol.* 2002;56:567–576
22. Wolski A., Kaiser K.: *Legionella* w instalacjach budynków. Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”, Warszawa 2009
23. Macher J. [red.]: *Bioaerosols: assessment and control*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati 1999
24. Kurup V.P., Banerjee B.: Fungal allergens and peptide epitopes. *Peptides* 2000;21:589–599
25. Helbling A., Reimers A.: Immunotherapy in fungal allergy. *Curr. Allergy. Asthma Rep.* 2003;3:447–453
26. Horner W.E., Helbling A., Salvaggio J.E., Lehrer S.B.: Fungal allergens. *Clin. Microbiol. Rev.* 1995;8:161–179
27. Baran E. [red.]: *Zarys mikologii lekarskiej*. Volumes, Wrocław 1998
28. Obtulowicz K. [red.]: *Alergologia praktyczna*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2001
29. Fischer G., Dott W.: Relevance of airborne fungi and their secondary metabolites for environmental, occupational and indoor hygiene. *Arch. Microbiol.* 2003;179:750–782
30. Midtgaard U., Poulsen O.M. (red.): *Waste Collection and Recycling – Bioaerosol Exposure and Health Problems*. Proc. of the International Meeting, 13–14 września 1996, Køge, Denmark. *Ann. Agric. Environ. Med.* 1997;4:1–176
31. Rylander R., Peterson Y. [red.]: Causative agents for organic dust related disease. *Am. J. Ind. Med.* 1994;25:1–146
32. Ochmański W., Barabasz W.: Mikrobiologiczne zagrożenia budynków i pomieszczeń mieszkalnych oraz ich wpływ na zdrowie (syndrom chorego budynku). *Przegl. Lek.* 2000;57:419–423
33. Dutkiewicz J., Górny R.L.: Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia – klasyfikacja i kryteria oceny narażenia. *Med. Pr.* 2002;53:29–39
34. Flannigan B., Miller J.D.: Health implications of fungi in indoor environments – an overview. W: Samson R.A., Flannigan M.E., Verhoeff A.P., Adan O.C.G., Hoekstra E.S. [red.]: *Health implications of fungi in indoor environments*. Elsevier, Amsterdam 1994, ss. 3–28
35. Burrell R.: Immunomodulation by bacterial endotoxin. *Crit. Rev. Bacteriol.* 1990;17:189–208.
36. Dutkiewicz J.: Bacteria and fungi in organic dust as potential health hazard. *Ann. Agric. Environ. Med.* 1997;4:11–16
37. Ławniczek-Wałczyk A., Górny R.L.: Endotoxins and β -glucans as markers of microbiological contamination – characteristics, detection and environmental exposure. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2010;17:193–208
38. Carducci A., Verani M., Battistini R.: Legionella in industrial cooling towers: monitoring and control strategies. *Let. Appl. Microbiol.* 2010;50:24–29
39. 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. *DzU z 2005 r. nr 81, poz. 716 z późn. zm.: DzU z 2008 r. nr 48, poz. 288*
40. Batterman S.A., Burge H.: HVAC Systems as Emission Sources Affecting Indoor Air Quality: a Critical Review. *HVAC Res.* 1995;1(1):61–82
41. Pośniak M., Skowroń J.: *Szkodliwe substancje chemiczne*. W: Zawieska W.M. [red.]. *Ryzyko zawodowe – metodyczne podstawy oceny*. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2007, ss. 39–64
42. Pośniak M., Skowroń J.: *Czynniki chemiczne*. W: Kordecka D. [red.]. *Bezpieczeństwo i higiena pracy*. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2008, ss. 137–177
43. Puchalska H.: Czynniki wpływające na toksyczność substancji chemicznych. *Bezpiecz. Pr.* 1999;4:12–14
44. Wolkoff P., Schneider T., Kildesø J., Degerth R., Jaroszewski M., Schunk H.: Risk in cleaning: chemical and physical exposure. *Sci. Total Environ.* 1998;215:135–156
45. Wolkoff P., Nielsen G.D.: Organic compounds in indoor air – their relevance for perceived indoor air quality? *Atmos. Environ.* 2001;35:4407–4417
46. Nazaroff W.W., Weschler C.J.: Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmos. Environ.* 2004;38:2841–2865
47. Szewczyńska M., Dobrzyńska E., Pośniak M.: Zagrożenia chemiczne w środowisku pracy personelu sprzątającego. *Bezpiecz. Pr. Nauka Praktyka* 2010;2(461):7–9

48. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych. DzU z 2005 r. nr 11, poz. 86 z późn. zm.
49. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA): E-fact 41. Cleaners and dangerous substances [cytowany 24 września 2012]. EU-OSHA, Bilbao 2008. Adres: <http://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/efact41/view>
50. Messing K.: Personal and community services: Indoor cleaning services. W: Encyclopaedia of occupational health and safety [cytowany 25 września 2012]. Wyd. 4. Wol. III, cz. XVII, rozdz. 100. International Labour Organization, Geneva 1998. Adres: <http://ilocis.org/documents/chpt100e.htm>
51. WE 1272/2008 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniającego i uchylającego dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniającego rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 (zwanego rozporządzeniem GHS) (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z dnia 31 grudnia 2008 r. (L 353))
52. Cellai G.: La protezione delle condotte dell'aria ai fini della manutenzione. Documenti e riferimenti normativi in relazione all'IAQ. Seconda parte. AICRR 1997;8:789–795
53. Górny R.L., Cyprowski M., Ławniczek-Wałczyk A., Gołofit-Szymczak M., Zapór L.: Biohazards in the indoor environment – a role for threshold limit values in exposure assessment. W: Dudzińska M.R. [red.]: Management of indoor air quality. Taylor & Francis Group, London 2011, ss. 1–20
54. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 10 listopada 2006r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej. DzU z 2006 r. nr 213, poz. 1568
55. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 16 czerwca 2003 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów i terenów. DzU z 2003 r. nr 121, poz. 1138
56. Polska Norma PN-EN-15239. Wentylacja budynków – Charakterystyka energetyczna budynków – Wytyczne dotyczące inspekcji systemów wentylacji. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2010
57. Polska Norma PN-EN-15240. Wentylacja budynków – Charakterystyka energetyczna budynków – Wytyczne dotyczące kontroli instalacji klimatyzacji. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2007