

Małgorzata Pośniak, Elżbieta Jankowska,
Joanna Kowalska, Małgorzata Gołofit-Szymczak,
Tomasz Jankowski

Kształtowanie jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych

Warszawa, 2010



Opracowano i wydano w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej.

Główny koordynator:

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Projekt okładki

Jolanta Maj

© Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2010

ISBN 978-83-7373-095-3



Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (22) 623 36 98, fax (22) 623 36 93, 623 36 95, www.ciop.pl

Treść

1. Wprowadzenie	5
2. Jakość powietrza w pomieszczeniach budynków szkół	5
2.1. Wpływ czynników chemicznych, pyłowych i mikrobiologicznych na jakość powietrza	6
2.2. Efektywność systemów wentylacyjnych pomieszczeń	11
3. Zalecenia profilaktyczne do kształtowania parametrów środowiska w pomieszczeniach budynków szkół	12
3.1. Ogólne wymagania dotyczące pomieszczeń i stosowanych urządzeń/maszyn	13
3.2. Zalecenia organizacyjne	15
3.3. Zalecenia techniczne	19
4. Zalecenia dotyczące popularyzacji wiedzy o kształtowaniu jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych	26
5. Podsumowanie	27
6. Piśmiennictwo	28



1. Wprowadzenie

W ponad 36 tys. polskich szkół kształci się ok. 5,5 mln uczniów, w tym w szkołach podstawowych – ok. 2,4 mln, w gimnazjach – ok. 1,5 mln, a w szkołach ponadgimnazjalnych – ok. 1,6 mln. Szkoły te są miejscem pracy dla ok. 400 tys. nauczycieli i pedagogów oraz ok. 50 tys. pracowników administracyjno-gospodarczych. Według danych statystycznych prawie połowa nauczycieli zatrudnionych w oświacie pracowała w szkołach podstawowych (183,9 tys. osób), natomiast pozostali, w niemal w równym stosunku, w szkołach ponadgimnazjalnych (108,9 tys. osób) i gimnazjach (113,1 tys. osób). Nauczyciele zatrudnieni na pełnym etacie stanowili średnio 78,0% wszystkich nauczycieli, najwięcej w szkołach podstawowych – 84,8%, najmniej – w liceach ogólnokształcących – 76,9% [40,41].

Zgodnie z ustawą o systemie oświaty z dnia 7 września 1991 r. i rozporządzeniem ministra edukacji i sportu z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny w publicznych i niepublicznych szkołach i placówkach [29,32], a także dyrektywą ramową 89/391/EWG [27], dyrektorzy szkół i innych placówek dydaktyczno-edukacyjnych są zobowiązani do zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pobytu w szkole oraz bezpiecznych i higienicznych warunków uczestnictwa w zajęciach organizowanych przez szkołę poza obiektami należącymi do tych jednostek. Zapis ten wspierają ramowe statuty szkół lub placówek i pozostałe ogólne przepisy w zakresie bhp [28,30,31,32].

Zapewnienie prawidłowych parametrów powietrza, tj. temperatury, wilgotności i prędkości oraz stężenia ditlenku węgla, a także właściwych poziomów stężeń substancji chemicznych i pyłowych oraz mikrobiologicznych zanieczyszczeń powietrza jest jednym z elementów zarządzania bhp w placówkach szkolnych i edukacyjnych.

2. Jakość powietrza w pomieszczeniach budynków szkół

Narażenie na czynniki szkodliwe i uciążliwe w pomieszczeniach szkół może prowadzić do powstania tzw. „zespołu chorego budynku” (SBS), objawiającego się zmęczeniem, uczuciem duszności, bólami i zawrotami głowy, drażliwością,

obniżoną koncentracją uwagi, zaburzeniami pamięci, podrażnieniem błon śluzowych oczu i górnych dróg oddechowych, częstszym występowaniem nieżytów dróg oddechowych, niekiedy z objawami zbliżonymi do astmy oskrzelowej, oraz zmianami skórnymi. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że najczęściej przyczyną SBS są lotne związki organiczne (*Volatile Organic Compounds* – VOC) oraz pyły i aerozole, głównie bioaerozole – zawieszane w powietrzu grzyby mikroskopijne i bakterie. Przyczyną wymienionych dolegliwości są także niewłaściwe parametry powietrza, a więc nieprawidłowa temperatura, wilgotność i prędkość powietrza [26], a także stężenia ditlenku węgla, które mogą być powodowane m.in. nieskutecznym działaniem systemów wentylacji/klimatyzacji lub brakiem takich systemów.

Niewłaściwa jakość powietrza w budynkach szkolnych może być przyczyną problemów zdrowotnych uczniów i nauczycieli, a także wpływać na komfort ich nauki i pracy. Prawdopodobnym jej skutkiem jest zmniejszona wydajność pracy nauczycieli i pedagogów, mniejsza aktywność w nauce z powodu dyskomfortu, chorób i absencji, a także występowanie napiętych stosunków między nauczycielami, uczniami, rodzicami i administracją szkolną. W Polsce ok. 1% dzieci w wieku szkolnym, czyli ok. 60 000 osób, zapada na przewlekłe choroby układu oddechowego, w tym na dychawicę oskrzelową [11]. Te liczby wskazują na konieczność zapewnienia w pomieszczeniach edukacyjnych prawidłowej jakości powietrza, sprzyjającej lepszemu samopoczuciu i zdrowiu uczniów oraz zwiększeniu aktywności w przyswajaniu wiedzy. Popularyzacja wiedzy na temat skutków zdrowotnych wynikających z nieprawidłowych parametrów powietrza, występowania zanieczyszczeń chemicznych, pyłowych i mikrobiologicznych w powietrzu pomieszczeń budynków szkolnych, a także nieskutecznego działania systemów wentylacji, jest zatem działaniem bardzo ważnym.

2.1. Wpływ czynników chemicznych, pyłowych i mikrobiologicznych na jakość powietrza

Ocena skutków zdrowotnych wynikających z nieprawidłowej jakości powietrza w pomieszczeniach budynków szkolnych, podobnie jak w pomieszczeniach przeznaczonych do pracy biurowej, jest zagadnieniem trudnym z uwagi na jednoczesne działanie wielu czynników szkodliwych, zwykle o małych stężeniach i natężeniach, ale przez długi czas ekspozycji.

W piśmiennictwie ostatnich lat opublikowano wiele wyników prac badawczych nad oceną jakości powietrza w budynkach szkolnych, co świadczy o dużym zainteresowaniu tym problemem zarówno naukowców, jak i służb administracyjnych [1-3,6-9,11-17,19,22].

Jakość powietrza w pomieszczeniach szkolnych jest w znacznym stopniu zdeterminowana jego parametrami: temperaturą i wilgotnością względną,

prędkością i kierunkiem ruchu powietrza oraz stężeniem ditlenku węgla. Niewłaściwe parametry powietrza wpływają niekorzystnie przede wszystkim na samopoczucie nauczycieli i uczniów przebywających w pomieszczeniach. Zbyt mała wilgotność względna powietrza, szczególnie zimą, może być przyczyną uczucia suchości w nosie lub gardle i zaczerwienienia oczu, zbyt wysoka temperatura powietrza i zwiększone stężenie ditlenku węgla mogą powodować uczucie duszności i zmęczenia. Nieprawidłowo zaprojektowana wentylacja wpływa na zły rozdział powietrza w pomieszczeniu, tzn. w miejscach dostarczania powietrza do pomieszczenia prędkości powietrza mogą być tak duże, że powodują przeciągi, natomiast w środku pomieszczenia lub w miejscach oddalonych od nawiewników powietrze może być nieruchome i w tych miejscach możliwe jest np. większe stężenie ditlenku węgla. W obszarach nieprawidłowego rozdziału powietrza w pomieszczeniach szkolnych (w obszarach nieruchomego powietrza) może również dochodzić do kumulowania się stężeń szkodliwych substancji chemicznych, np. emitowanych z mebli czy wykładzin lub pochodzących z zarodników grzybów. Przy małej wilgotności względnej powietrza mogą występować „rażenia” spowodowane rozładowaniem elektryczności statycznej, które bywają przyczyną wypadków. Na jakość powietrza, określoną wymienionymi parametrami i stężeniem ditlenku węgla, istotny wpływ ma skuteczność działania systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.

Opublikowane wyniki oceny parametrów powietrza i poziomu stężeń zanieczyszczeń chemicznych, pyłowych i mikrobiologicznych wskazują, że w większości badanych pomieszczeń były one niezgodne z zaleceniami. Wilgotność względna w pomieszczeniach zwykle wzrastała o ok. 4–6% podczas godzin lekcyjnych i z reguły była niezgodna z wartościami zalecanymi. Taki poziom wilgotności może być przyczyną dyskomfortu objawiającego się ospałością i utrudnionym oddychaniem [16]. Średnie stężenie ditlenku węgla zwykle przewyższało poziom 1800 mg/m³ – wartość zalecaną, która zapewnia komfort osobom przebywającym w pomieszczeniach [1,2,6-9,12,13,15,16,19,22]. Główną przyczyną dużych stężeń związku, dochodzących niekiedy do 7200 mg/m³, były nieprawidłowe systemy wentylacyjne. Poziom stężeń lotnych związków organicznych (VOCs) kształtował się na różnych poziomach: od 45 µg/m³ do ponad 3000 µg/m³. Największe stężenia VOCs występowały w szkołach, w których pomiary wykonywano w krótkim czasie po remoncie [12,16].

Średnie stężenia formaldehydu często przekraczały wartość zalecaną dla tego związku przez WHO – 100 µg/m³ [24]. Większe stężenia z reguły występowały w okresie letnim, ze względu na zwiększoną emisję formaldehydu spowodowaną wyższą temperaturą powietrza i większą wilgotnością względną. Dodatni współczynnik korelacji między stężeniem formaldehydu w powietrzu pomieszczeń a temperaturą w sezonie letnim jest prawdopodobnie spowodowany występowaniem ozonu, który przedostaje się z powietrza zewnętrznego,

i jego reakcją z różnymi materiałami budowlanymi, prowadzącą do wzrostu stężenia formaldehydu w powietrzu. Przyczyną większych stężeń formaldehydu, dochodzących do $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, były nowe materiały dekoracyjne i wykończeniowe w badanych pomieszczeniach, mała kubatura pomieszczeń i brak odpowiedniej wentylacji [16].

Nauczyciele i uczniowie są narażeni na wdychanie cząstek drobnych pyłów zawieszonych w powietrzu. Są to pyły o wymiarach nieprzekraczających $10 \mu\text{m}$, przy czym najwięcej jest zawieszonych cząstek drobnych, o wymiarach poniżej $1 \mu\text{m}$. Cząstki te są najbardziej szkodliwe dla zdrowia człowieka, gdyż przedostając się do obszaru wymiany gazowej płuc mogą przyczyniać się do powstawania wielu chorób. Źródłami pyłów drobnych są prace szkolne (np. związane z użytkowaniem papieru, kredy), elementy wyposażenia budynków i pomieszczeń oraz osoby stale przebywające w pomieszczeniach i odwiedzające je. Na przykład, przebywanie w pomieszczeniu 30 osób przez 20 min może spowodować ok. 1,5-krotny wzrost stężeń w powietrzu cząstek drobnych o wymiarach poniżej $0,2 \mu\text{m}$ [10]. Istotny wpływ na stężenia cząstek drobnych może mieć pył osiadły na wyposażeniu pomieszczeń szkolnych (kurz), który podczas przemieszczania się uczniów i nauczycieli przechodzi w stan zawieszony w powietrzu.

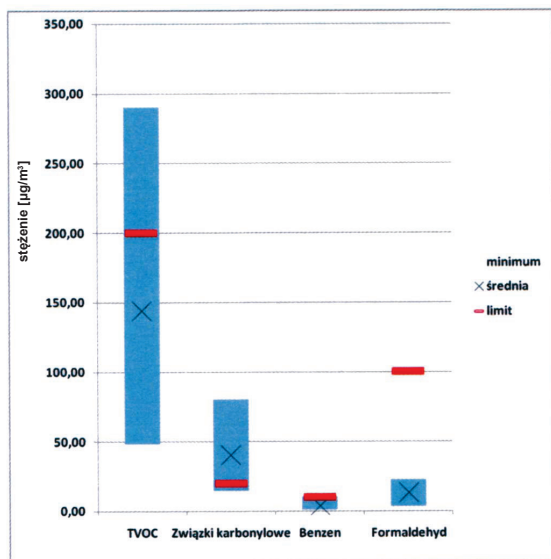
W pomieszczeniach szkolnych, w których brak jest systemów wentylacyjnych i wentylacja odbywa się przede wszystkim metodą przewietrzania (np. otwieranie okien), stężenia czynników chemicznych i mikrobiologicznych oraz pyłów drobnych w znacznym stopniu zależą od stężeń tych zanieczyszczeń zawartych w powietrzu atmosferycznym. W pomieszczeniach, w których nie występują znaczne emisje czynników chemicznych i pyłów z tzw. źródeł wewnętrznych, stężenia tych czynników mogą być mniejsze niż stężenia w powietrzu atmosferycznym. Nieodpowiednio zaprojektowane i niewłaściwie funkcjonujące systemy wentylacyjne mogą być również źródłem znacznej ilości czynników mikrobiologicznych i cząstek drobnych. Zanieczyszczenia te są wprowadzane do pomieszczeń szkolnych z powietrzem dostarczanym przez nieodpowiednio czyszczone albo w ogóle nieczyszczone kanały wentylacyjne. Mogą także wydzielać się z filtrów powietrza, które nie są regularnie wymieniane.

Badania ankietowe dotyczące subiektywnej oceny jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych, przeprowadzone przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy wśród 238 uczniów i 208 nauczycieli w 11 szkołach na terenie Warszawy, wykazały, że jakość powietrza w polskich szkołach nie jest prawidłowa [18].

Na podstawie analizy wyników badań ankietowych stwierdzono, że najczęściej odczuwaną dolegliwością (po ok. 84% ankietowanych uczniów i nauczycieli), która może wynikać z „zespołu chorego budynku”, jest zmęczenie.

Inne dolegliwości to bóle i zawroty głowy, mniejsza zdolność koncentracji i drażliwość. Były one podobnie odczuwane przez ankietowanych uczniów i nauczycieli. Natomiast bardzo duże rozbieżności między uczniami i nauczycielami stwierdzono w odczuwaniu podrażnień górnych dróg oddechowych: dotyczyły one ponad 40% ankietowanych nauczycieli i tylko ok. 7% uczniów.

Występowanie czynników chemicznych w powietrzu pomieszczeń szkolnych odczuwało po ok. 30% ankietowanych uczniów i nauczycieli. Większy odsetek nauczycieli (ok. 28%) niż uczniów (14%) odczuwał występowanie czynników mikrobiologicznych. Ponad 60% uczniów i nauczycieli uznało, że parametry mikroklimatu w pomieszczeniach lekcyjnych nie są prawidłowe. Zarówno nauczyciele, jak i uczniowie uważali także (ok. 50% ankietowanych), że główną przyczyną nieprawidłowej jakości powietrza w pomieszczeniach budynków szkolnych są niewłaściwe parametry powietrza i nieodpowiednio funkcjonujące systemy wentylacyjne.



Rys. 1. Poziom stężeń chemicznych zanieczyszczeń powietrza w badanych pomieszczeniach szkolnych

5 budynków szkół wykazały, że suma stężeń związków karbonylowych we wszystkich badanych pomieszczeniach przekraczała zalecaną wartość dopuszczalną $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [18]. Wyjątkiem była jedna z sal gimnastycznych, w której została zainstalowana wentylacja mechaniczna (rys. 1).

W większości badanych pomieszczeń nie stwierdzono zalecanej dopuszczalnej wartości dla lotnych związków organicznych $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [18]. Wyższy poziom stężeń tej grupy związków w jednej z badanych szkół, na poziomie ok. 1,5 wartości dopuszczalnej, był spowodowany emisją lotnych związków organicznych z past stosowanych do konserwacji podłóg, jak również bardzo niskimi krotnościami wymiany powietrza – na poziomie $0,5 \text{ h}^{-1}$, podczas gdy minimalna krotność wymiany powietrza powinna wynosić 3 h^{-1} , zarówno dla sal lekcyjnych i gimnastycznych, jak i pomieszczeń biurowych, jakim są pokoje nauczycielskie. Stężenie benzenu, substancji rakotwórczej kat. 1, kształtowało się na po-

ziomie nauczycieli (ok. 28%) niż uczniów (14%) odczuwał występowanie czynników mikrobiologicznych. Ponad 60% uczniów i nauczycieli uznało, że parametry mikroklimatu w pomieszczeniach lekcyjnych nie są prawidłowe. Zarówno nauczyciele, jak i uczniowie uważali także (ok. 50% ankietowanych), że główną przyczyną nieprawidłowej jakości powietrza w pomieszczeniach budynków szkolnych są niewłaściwe parametry powietrza i nieodpowiednio funkcjonujące systemy wentylacyjne.

Przeprowadzone przez CIOP-PIB pomiary stężeń substancji chemicznych w powietrzu w pomieszczeniach

ziomie 1 – 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, natomiast stężenie formaldehydu, substancji rakotwórczej kat. 3, było w zakresie 3,5 – 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tzn. nie przekraczało wartości zalecanej (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) w zarządzeniu ministra zdrowia i opieki społecznej z dnia 12 marca 1996 r. [34].

Stężenia ditlenku węgla kształtowały się na poziomie 0,5 – 1,5 zalecanej wartości i przekraczały tę wartość w 50% badanych pomieszczeń budynków szkół. Największe stężenia ditlenku węgla oznaczano w salach lekcyjnych, a maksymalny poziom stężeń tego związku dochodził do ok. 1800 ppm.

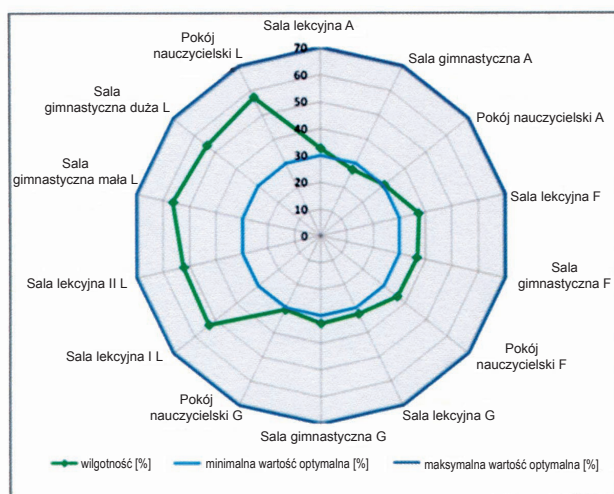
Z analizy wyników pomiarów stężeń masowych cząstek pyłów wynika, że w badanych szkołach zmiany stężeń masowych cząstek z zakresu 0,1 – 10 μm , określonych z użyciem miernika DUST-TRAK, są różne od zmian stężeń liczbowych cząstek drobnych z zakresu 0,02 – 1 μm , określonych za pomocą przyrządu P-TRAK. Średnie stężenia masowe i średnie stężenia liczbowe w danej szkole różniły się w poszczególnych badanych pomieszczeniach w zależności od aktywności osób i stężenia cząstek w powietrzu atmosferycznym. Średnie stężenia masowe cząstek 0,1 – 10 μm wahały się w ciągu dnia w zakresach: 0,093 – 0,270; 0,102 – 0,476; 0,136 – 0,184 oraz 0,073 – 0,198 mg/m^3 . Natomiast średnie stężenia liczbowe cząstek 0,02 – 1 μm wahały się w ciągu dnia w zakresach: 11081 – 21203; 7766 – 22986; 4473 – 14272 oraz 10 934 – 20 130 cząstek/ cm^3 .

Przeprowadzone pomiary stężeń bakterii i grzybów w badanych szkołach wykazały, że średnie wartości stężeń bioaerozoli w badanych pomieszczeniach są niższe od wartości referencyjnych dla stężeń bakterii i grzybów w pomieszczeniach mieszkalnych i użyteczności publicznej zalecanych przez Międzyresortową Komisję ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy.

Analiza jakościowa mikroorganizmów izolowanych z próbek powietrza wykazała, że najliczniej reprezentowane były bakterie z rodzajów *Micrococcus* i *Bacillus*, a wśród grzybów – *Aspergillus* i *Penicillium*. W badanych pomieszczeniach występowały zarówno bakteryjne szczepy saprofityczne należące do 1. grupy zagrożenia, czyli do czynników, przez które wywołanie chorób u ludzi jest mało prawdopodobne, jak i gatunki (*Arcanobacterium haemolyticum*, *Staphylococcus aureus*, *Streptomyces spp.*) zaliczane do 2. grupy zagrożenia, czyli takie, które mogą wywoływać niebezpieczne choroby u ludzi, a rozprzestrzenianie ich w populacji ludzkiej jest mało prawdopodobne i zazwyczaj istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia. Gatunki należące do 2. grupy zagrożenia izolowano głównie w próbkach pobranych w salach lekcyjnych i salach gimnastycznych.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów parametrów powietrza w badanych szkołach wykazano, że wartości temperatury powietrza i prędkości powietrza mieściły się w granicach wartości zalecanych. Natomiast wartości wilgot-

ności względnej powietrza były niższe, na pograniczu lub wyższe od wartości minimalnej zalecanej zimą (30%), ale niższe od maksymalnych wartości optymalnych zalecanych latem i zimą (rys. 2).



Rys. 2. Wilgotność względna powietrza w badanych pomieszczeniach szkolnych

Analiza wyników badań skuteczności działania systemów wentylacyjnych wskazuje, że we wszystkich objętych badaniami pomieszczeniach szkolnych krotności wymian powietrza wywiewanego były znacznie niższe od minimalnej, przyjętej krotności wymiany powietrza, tzn. 3 h^{-1} , i zawierały się w zakresach: $0,37 - 0,82$; $0,25 - 2,58$ oraz $0,36 - 0,58 \text{ h}^{-1}$.

Wyniki badań zanieczyszczeń chemicznych, pyłów i wilgotności powietrza potwierdziły niewłaściwą jakość powietrza w pomieszczeniach budynków szkół. Przyczyną występowania, zarówno u nauczycieli, jak i u uczniów, objawów tzw. „syndromu chorego budynku” są przede wszystkim nieprawidłowe parametry powietrza, a więc stężenia dwutlenku węgla przekraczające zalecane wartości, duże stężenia związków karbonylowych oraz frakcji cząstek drobnych pyłów. Niespełnienie zalecanych kryteriów w zakresie tych czynników było spowodowane nieprawidłowym funkcjonowaniem systemów wentylacji grawitacyjnej.

2.2. Efektywność systemów wentylacyjnych pomieszczeń

Niewłaściwie zaprojektowane systemy wentylacji lub klimatyzacji, ich brak lub nieodpowiednia kontrola wpływają przede wszystkim na niespełnienie zaleceń odnośnie do parametrów powietrza oraz niespełnienie bardzo ważnej funkcji tych systemów, polegającej na regulacji stężeń czynników szkodliwych w pomieszczeniu, m.in. czynników chemicznych, pyłów i czynników mikrobiologicznych. Czynniki te pochodzą głównie ze źródeł wewnętrznych, ale są także nawiewane z powietrzem do pomieszczeń, jeśli systemy wentylacji lub klimatyzacji są nieczyszczone. Brak właściwie zbilansowanych strumieni objętości powietrza nawiewanych i wywiewanych do/z pomieszczenia szkolnego może prowadzić do nieracjonalnej wymiany powietrza: zbyt małej i w konsekwencji

niezapewniającej wymaganego prawem strumienia objętości powietrza nawiewanego do pomieszczenia szkolnego w odniesieniu do liczby osób w nim przebywających lub zbyt dużej, prowadzącej do nieracjonalnego użytkowania energii, co jest niezgodne z dyrektywą 2002/91/EC dotyczącą jakości energetycznej budynków. Wskaźnikiem złego funkcjonowania systemów wentylacyjnych jest również wzrost stężenia ditlenku węgla w pomieszczeniu szkolnym w stosunku do stężenia w powietrzu atmosferycznym.

Zapewnienie efektywnego działania systemów wentylacji i klimatyzacji w budynkach szkolnych powinno być rozpatrywane już na etapie projektowania instalacji, ale możliwe jest także na etapie jej użytkowania dzięki stosowaniu właściwych procedur do kontroli systemów. Właściwie zaprojektowana instalacja wentylacji i klimatyzacji umożliwia osiągnięcia warunków środowiska wewnętrznego spełniających w ciągu całego roku kryteria zdrowotne i komfortu cieplnego. Spełnia także kryteria związane z możliwymi do przyjęcia kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi. Procedury kontroli dają możliwość dokonywania oceny skuteczności działania systemów wentylacji i klimatyzacji w budynkach szkolnych zarówno pod kątem zapewnienia właściwego środowiska pracy i nauki, jak i racjonalnego użytkowania energii [18].

3. Zalecenia profilaktyczne do kształtowania parametrów środowiska w pomieszczeniach budynków szkół

Zaproponowane w poradniku zalecenia profilaktyczne dotyczące kształtowania odpowiednich parametrów środowiska pracy i nauki w szkołach obejmują **zalecenia organizacyjne oraz techniczne**.

Przedmiotem zaleceń organizacyjnych jest określenie działań w zakresie organizacji pracy, których wprowadzenie będzie umożliwiało kształtowanie odpowiednich parametrów środowiska. W zaleceniach technicznych są określone środki, których wprowadzenie umożliwi, poprzez zmiany technicznego uzbrojenia i odpowiednie wyposażenie pomieszczeń lekcyjnych, utrzymywanie stężeń czynników szkodliwych występujących w środowisku pracy na poziomie właściwym pod względem bezpieczeństwa, higieny i komfortu nauki i pracy.

Zalecenia profilaktyczne – organizacyjne i techniczne – są ukierunkowane na ograniczanie lub eliminowanie niekorzystnego wpływu środowiska pracy i nauki w obszarze:

- substancji chemicznych
- pyłów
- czynników mikrobiologicznych
- parametrów jakości powietrza w pomieszczeniach, które są związane z efektywnością działania systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych (stężenie tlenu i ditlenku węgla, prędkość przepływu powietrza, temperatura i wilgotność względna powietrza).

Wdrożone zalecenia umożliwią kształtowanie odpowiednich parametrów środowiska pracy i nauki tylko w przypadku właściwej organizacji działań w odniesieniu do:

- ⇒ pomieszczeń w budynkach szkół (np. dobór odpowiednich materiałów budowlanych i wykończeniowych) na etapie:
 - planowania inwestycji
 - prowadzenia inwestycji
 - wykonywania remontów bieżących
 - wykonywania remontów generalnych
- ⇒ miejsc do nauki i pracy (np. dobór odpowiednich mebli i wyposażenia) na etapie planowania i modernizacji stanowisk.

3.1. Ogólne wymagania dotyczące pomieszczeń i stosowanych urządzeń/maszyn [32]

Dyrektorzy szkół są zobowiązani utrzymywać pomieszczenia do nauki i pracy w czystości i porządku oraz zapewnić ich okresowe remonty i konserwacje w celu spełnienia wymagań związanych z bezpieczeństwem i higieną pracy.

Salę lekcyjną, salę gimnastyczną i pomieszczenia pracy dla nauczycieli i personelu administracyjnego, a także ich wyposażenie powinny zapewniać bezpieczne i higieniczne warunki nauki i pracy. W pomieszczeniach tych należy zapewnić w szczególności oświetlenie naturalne i sztuczne, odpowiednią temperaturę, wymianę powietrza oraz zabezpieczenie przed wilgocią, niekorzystnymi warunkami cieplnymi i nasłonecznieniem, drganiem i innymi czynnikami szkodliwymi dla zdrowia oraz uciążliwościami.

- ⇒ W pomieszczeniach lekcyjnych temperatura nie może być niższa niż 18 °C. Jeżeli nie jest możliwe zapewnienie takiej temperatury, dyrektor ma prawo zawiesić zajęcia na czas oznaczony, powiadamiając o tym organ prowadzący.
- ⇒ Jeżeli pomieszczenie lub inne miejsce, w którym mają być prowadzone zajęcia, lub stan znajdującego się w nim wyposażenia stwarza zagrożenia dla bezpieczeństwa uczniów czy nauczycieli, niedopuszczalne

jest rozpoczęcie zajęć. Jeżeli stan zagrożenia powstanie lub ujawni się w czasie zajęć, należy niezwłocznie je przerwać i wyprowadzić z zagrożonych miejsc osoby powierzone opiece szkoły.

- ⇒ W pracowniach technicznych, np. chemicznej i fizycznej, w których występują substancje chemiczne, powinny być zastosowane rozwiązania techniczne umożliwiające ograniczanie lub eliminowanie ich oddziaływania.
- ⇒ Urządzenia higieniczno-sanitarne należy utrzymywać w czystości i w stanie pełnej sprawności technicznej.
- ⇒ Sprzęty, z których korzystają osoby pozostające pod opieką szkoły, powinny być dostosowane do wymagań ergonomii i mieć odpowiednie atesty lub certyfikaty.
- ⇒ Kuchnie i jadalnie należy utrzymywać w czystości, a ich wyposażenie we właściwym stanie technicznym, zapewniającym bezpieczne użytkowanie. Gorące posiłki mogą być spożywane wyłącznie w jadalniach lub innych pomieszczeniach wydzielonych w tym celu.
- ⇒ Pomieszczenia szkoły i placówki, w szczególności pokój nauczycielski, laboratoria, pracownie, warsztaty szkolne, pokój nauczycieli wychowania fizycznego oraz kuchnię, należy wyposażać w apteczki zaopatrzone w środki niezbędne do udzielania pierwszej pomocy i instrukcję o zasadach udzielania tej pomocy.
- ⇒ Do pomieszczeń i stanowisk pracy położonych na różnych poziomach powinny prowadzić bezpieczne dojścia stałymi schodami. Nawierzchnie schodów nie powinny być śliskie. Schody należy wyposażać w balustrady z poręczami zabezpieczonymi przed ewentualnym zsuwaniem się po nich, a otwartą przestrzeń między biegami schodów zabezpieczyć siatką lub w inny skuteczny sposób.
- ⇒ Wymiary otworów drzwiowych w każdym pomieszczeniu powinny być zgodne z zaleceniami polskiej normy i odpowiednie do liczby uczniów korzystających z tych pomieszczeń. Sposób otwierania drzwi z pomieszczeń nauki i pracy oraz pomieszczeń higieniczno-sanitarnych powinien odpowiadać wymaganiom przepisów techniczno-budowlanych i dotyczących ochrony przeciwpożarowej.
- ⇒ Drzwi rozsuwane muszą być wyposażone w urządzenia zapobiegające ich wypadnięciu z prowadnic. Drzwi przezroczyste powinny być wykonane z materiału odpornego na rozbicie lub ze szkła hartowanego oraz odpowiednio oznakowane w widocznym miejscu.
- ⇒ Pomieszczenia w szkołach, w których odbywają się zajęcia, powinny być wietrzone w czasie każdej przerwy, a w razie potrzeby także w czasie zajęć.
- ⇒ Maszyny i inne urządzenia techniczne należy utrzymywać w stanie zapewniającym pełną sprawność działania oraz bezpieczeństwo pracy i nauki.

- ⇒ Urządzenia techniczne powinny mieć odpowiednie zabezpieczenia chroniące przed urazami, działaniem substancji szkodliwych dla zdrowia, porażeniem prądem elektrycznym, szkodliwymi wstrząsami, nadmiernym hałasem, działaniem wibracji lub promieniowaniem.
- ⇒ Urządzenia techniczne niesprawne, uszkodzone lub pozostające w naprawie należy oznakować w sposób wyraźny i zabezpieczyć przed uruchomieniem.
- ⇒ Stanowiska pracy powinny być dostosowane do warunków antropometrycznych uczniów. Jeżeli ze stanowisk pracy korzystają osoby niepełnosprawne, należy je dostosować do potrzeb wynikających z niepełnosprawności tych osób.
- ⇒ Przy maszynach i innych urządzeniach technicznych lub w ich pobliżu powinny być wywieszone, w widocznym miejscu, instrukcje bezpiecznej obsługi, a w warsztacie, laboratorium i pracowni – regulamin określający zasady bezpieczeństwa i higieny pracy.
- ⇒ Uczniów pracujących w warsztatach, laboratoriach i pracowniach szkolnych należy wyposażyć w niezbędne środki ochrony indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze w celu zabezpieczenia przed działaniem niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia czynników, a także ze względu na wymagania sanitarnohigieniczne.
- ⇒ Substancje niebezpieczne i preparaty niebezpieczne, w rozumieniu przepisów o substancjach i preparatach chemicznych, należy przechowywać w zamkniętych pomieszczeniach specjalnie przystosowanych do tego celu i w odpowiednich pojemnikach opatrzonych napisami zawierającymi nazwę substancji lub preparatu oraz informującymi o istniejącym niebezpieczeństwie lub szkodliwości dla zdrowia. Obowiązkiem dyrektora jest udostępnienie kart charakterystyk niebezpiecznych substancji i preparatów chemicznych zgromadzonych w szkole osobom prowadzącym zajęcia z użyciem tych substancji i preparatów, jak również zapoznanie uczniów z danymi zawartymi w tych kartach, a głównie z niebezpiecznymi właściwościami substancji chemicznych używanych w czasie zajęć.

3.2. Zalecenia organizacyjne

Zalecenia organizacyjne dotyczące kształtowania odpowiednich parametrów środowiska nauki i pracy w szkołach mają na celu:

- ⇒ ograniczenie i eliminowanie narażenia na czynniki chemiczne, mikrobiologiczne i pyły

- ⇒ zapewnienie efektywnego działania systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych
- ⇒ popularyzację wiedzy z zakresu kształtowania jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych.

Zalecenia w zakresie ograniczania i eliminowania czynników szkodliwych i uciążliwych

Na ograniczanie lub eliminowanie niekorzystnego oddziaływania czynników szkodliwych i uciążliwych na środowisko pracy i nauki w szkołach istotny wpływ ma organizacja działań we wszystkich fazach przygotowywania i użytkowania budynków i pomieszczeń szkolnych.

Przed dokonaniem wyboru i zakupu materiałów budowlanych i wykończeniowych, w tym malarskich, należy:

- ⇒ uzyskać informacje o ich składzie chemicznym, w tym dane na temat szkodliwości substancji w nich zawartych, szczególnie substancji rakotwórczych lub prawdopodobnie rakotwórczych
- ⇒ zapoznać się z kartami charakterystyk poszczególnych substancji chemicznych lub preparatów wchodzących w skład materiałów co najmniej w zakresie:
 - właściwości fizykochemicznych substancji (zapach, granice wybuchowości, prężność par itp.)
 - danych toksykologicznych (klasa toksyczności, stężenie oraz dawka śmiertelna i toksyczna, działanie toksyczne i innego rodzaju szkodliwe działanie biologiczne na ustrój człowieka, drogi wchłaniania itp.)
 - przepisów prawnych (np. wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń – NDS)
- ⇒ uzyskać informacje dotyczące czasu utrzymywania się w powietrzu substancji lub preparatów chemicznych o małych stężeniach, charakteryzujących się jednak nieprzyjemnymi dla człowieka zapachami (odory), oraz koniecznego „czasu sezonowania” stosowanych materiałów budowlanych i wykończeniowych (np. farb, lakierów, klejów, wykładzin, tapet, paneli).

Pracownikom zatrudnionym przy pracach wykończeniowych (np. malowaniu, lakierowaniu czy przyklejaniu wykładzin) należy uświadomić, że stosowanie optymalnych ilości materiałów wykończeniowych skróci do minimum czas utrzymywania się w powietrzu substancji lub preparatów chemicznych oraz konieczny „czas sezonowania” materiałów budowlanych i wykończeniowych.

Dokonując wyboru i zakupu mebli do sal lekcyjnych, pokoiów nauczycielskich i pomieszczeń biurowych dla personelu administracyjnego, a także używając je należy preferować:

- ⇒ meble bezpieczne
 - ⇒ meble, które mają najkrótszy czas emisji substancji szkodliwych do środowiska, a zatem najkrótszy czas sezonowania
 - ⇒ bezpieczne środki do czyszczenia i pielęgnacji powierzchni mebli.
- Przy wyborze, zakupie, użytkowaniu i konserwacji urządzeń biurowych stosowanych w szkołach, takich jak drukarki laserowe i kserokopiarki, należy:

- ⇒ preferować sprzęt nowoczesny i bezpieczny (ze względu na mniejszą emisję substancji szkodliwych do otoczenia, np. ozonu, tlenków azotu)
- ⇒ systematycznie sprawdzać i konserwować urządzenia biurowe (w celu zapobiegania zwiększaniu się emisji substancji szkodliwych do otoczenia, np. ozonu, tlenków azotu)
- ⇒ na bieżąco utrzymywać w czystości powierzchnie urządzeń (ze względu na ograniczenie reemisji osiadłego pyłu do powietrza pomieszczeń)
- ⇒ możliwie często wymieniać sprzęt, ze względu na zwiększającą się emisję substancji szkodliwych z upływem czasu jego użytkowania.

Prace związane z utrzymywaniem w czystości powierzchni ławek szkolnych, mebli, urządzeń biurowych, parapetów, podłóg itp. powinny być tak zorganizowane, aby wyeliminować reemisję pyłu osiadłego (kurzu) do powietrza pomieszczeń sal lekcyjnych, sal gimnastycznych i korytarzy.

W celu uzyskania właściwej czystości powietrza w odniesieniu do czynników mikrobiologicznych, w szczególności grzybów pleśniowych oraz bakterii, należy podejmować odpowiednie działania organizacyjne, aby zapewnić:

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

Pracownicy obsługujący systemy klimatyzacyjne w pomieszczeniach klimatyzowanych powinni stosować się do wymagań określonych w procedurach „nastawiania” i utrzymywania odpowiedniej wilgotności powietrza.

Działania organizacyjne służące uzyskaniu i utrzymywaniu najkorzystniejszych warunków mikroklimatu (komfortu cieplnego) powinny obejmować działania związane z „nastawianiem” parametrów mikroklimatu w zależności od potrzeb oraz ich okresową kontrolę lub monitorowanie.

Podczas organizowania pracowni informatycznych w szkołach wskazane jest:

- ⇒ preferowanie sprzętu nowoczesnego, szczególnie monitorów, i sukcesywne wprowadzanie coraz bezpieczniejszych rozwiązań konstrukcyjnych, służące ochronie wzroku użytkowników komputerów
- ⇒ projektowanie stanowisk pracy zgodnie z zasadami ergonomii, w szczególności wyposażenie stanowisk komputerowych w:
 - stoliki i krzesła komputerowe o regulowanej wysokości i z regulowanym oparciem

- osprzęt dodatkowy, m.in. podkładki pod klawiaturę ze wspornikiem nadgarstka, podnóżki, uchwyty na dokumenty itd.
- oświetlenie miejscowe na stanowisku pracy z komputerem, zapewniające dobre warunki widzenia do czytania drukowanego tekstu, znaków na klawiaturze i znaków na monitorze.

Zalecenia w zakresie zapewnienia efektywności działania systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych

Warunkiem uzyskania właściwego i efektywnego funkcjonowania systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych w pomieszczeniach szkolnych jest podjęcie odpowiednich działań organizacyjnych już w fazie projektowania inwestycji. Utrzymywanie efektywnego działania systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych podczas użytkowania, a także po modernizacji budynków, sal lekcyjnych czy pomieszczeń biurowych, wymaga prowadzenia kontroli parametrów pracy tych systemów oraz ich systematycznej konserwacji.

Podczas wyboru i zakupu elementów oraz wyposażenia systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych należy preferować te, które są wykonane z materiałów:

- ⇒ łatwych do czyszczenia
- ⇒ antyelektrostatycznych, umożliwiających wyeliminowanie lub ograniczenie osadzania się pyłu na powierzchniach wewnętrznych i zewnętrznych systemów
- ⇒ o strukturze uniemożliwiającej lub ograniczającej osadzanie i namnażanie się mikroorganizmów (grzybów, bakterii itp.).

Podczas wyboru i zakupu filtrów oczyszczających powietrze doprowadzane do pomieszczeń lub odprowadzane z nich należy:

- ⇒ określić wymagania dotyczące skuteczności oczyszczania powietrza w pomieszczeniach biurowych w odniesieniu do danych wymiarów cząstek
- ⇒ uwzględnić wymagania zaprojektowanych układów filtracyjnych odnośnie do wymaganej skuteczności oczyszczania powietrza w pomieszczeniach
- ⇒ dobrać filtry powietrza do układów filtracyjnych na podstawie znajomości ich klas jakości i wymaganych strumieni objętości powietrza przez układy filtracyjne
- ⇒ preferować filtry powietrza z materiałów o jak najmniejszej emisji własnej substancji chemicznych i pyłów, w tym włókien
- ⇒ preferować filtry, w których materiały filtracyjne są pokrywane substancjami ograniczającymi lub eliminującymi namnażanie się mikroorganizmów.

Działania organizacyjne związane z rozruchem i obsługą systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych powinny zapewniać uzyskiwanie wymaganych

lub zalecanych wartości parametrów jakości powietrza w pomieszczeniach, które są związane z efektywnością działania systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych, tzn. takich parametrów, jak:

- ⇒ stężenie tlenu węgla
- ⇒ stężenie ditlenku węgla
- ⇒ prędkość przepływu powietrza
- ⇒ temperatura powietrza
- ⇒ wilgotność względna powietrza.

Wymienione parametry powinny być monitorowane lub okresowo kontrolowane przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach, stosujące właściwe przyrządy i zwalidowane metody pomiarowe (laboratoria akredytowane lub o potwierdzonych kompetencjach).

Wentylacja lub klimatyzacja pomieszczeń w budynkach szkół powinna być tak zorganizowana, aby spełniała wszystkie wymagania zawarte w obwieszczeniu ministra gospodarki, pracy i polityki społecznej z 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [33], które odnoszą się do pomieszczeń biurowych, a w szczególności dotyczące:

- ⇒ zapewnienia właściwych krotności wymian powietrza w zależności od typu i kubatury pomieszczenia
- ⇒ niepowodowania przeciągów, wyziębienia lub przegrzewania pomieszczeń przez wentylację lub klimatyzację
- ⇒ niekierowania strumienia powietrza pochodzącego z systemów wentylacji nawiewnej bezpośrednio na ławki szkolne czy stanowiska pracy biurowej
- ⇒ zapewnienia w salach lekcyjnych, salach gimnastycznych, pokojach nauczycielskich i pomieszczeniach biurowych temperatury nie niższej niż 18 °C
- ⇒ zabezpieczenia pomieszczeń szkolnych przed napływem zbyt gorącego lub zbyt chłodnego powietrza z zewnątrz.

Działania organizacyjne związane z utrzymywaniem w czystości systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych powinny zapewniać eliminowanie zjawiska reemisji pyłu oraz czynników biologicznych osiadłych lub namnażających się na powierzchniach wewnętrznych i zewnętrznych elementów wyposażenia tych systemów.

3.3. Zalecenia techniczne

Zalecenia techniczne dotyczące kształtowania odpowiednich parametrów środowiska nauki i pracy w szkołach mają na celu ograniczenie lub eliminowanie narażenia na czynniki szkodliwe i uciążliwe występujące w tym środowisku.

Zalecenia w zakresie identyfikacji, ograniczania i eliminowania czynników szkodliwych i uciążliwych

Zalecenia dotyczą działań służących ograniczeniu narażenia na czynniki chemiczne, pyły i czynniki mikrobiologiczne, czyli te czynniki, których poziomy zależy od efektywności działania systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych.

Substancje chemiczne

Badania chemicznych zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach budynków szkolnych przeprowadzone w CIOP-PIB, a także liczne badania zagraniczne wskazują na występowanie w powietrzu od kilkudziesięciu do kilkuset substancji chemicznych o różnym charakterze chemicznym i różnych właściwościach toksycznych, w tym substancji o działaniu rakotwórczym i mutagennym. Pochodzą one przede wszystkim z materiałów budowlanych i wykończeniowych, a także są wynikiem aktywności pracowników i innych osób przebywających w pomieszczeniach.

Źródła substancji chemicznych w pomieszczeniach szkolnych to przede wszystkim:

- ⇒ materiały budowlane i wykończeniowe, m.in. farby, tapety, materiały ociepleniowe, wykładziny podłogowe itd.
- ⇒ podstawowy sprzęt – ławki szkolne, biurka, regały, krzesła, fotele itd.
- ⇒ zanieczyszczenia chemiczne powietrza atmosferycznego wprowadzane przez funkcjonujące w pomieszczeniach systemy wentylacyjne
- ⇒ zanieczyszczenia chemiczne przedostające się w wyniku infiltracji
- ⇒ kosmetyki stosowane przez nauczycieli i uczniów.

W celu uzyskania właściwej czystości powietrza konieczne jest eliminowanie źródeł emisji substancji chemicznych, a więc przede wszystkim właściwy wybór materiałów budowlanych i wyposażeniowych na etapie budowania, wykańczania oraz remontów i modernizacji pomieszczeń, a także właściwe ich użytkowanie.

Na ograniczenie poziomu stężeń substancji chemicznych wydzielających się z materiałów budowlanych i wyposażenia do powietrza pomieszczeń nauki i pracy wpływa:

- ⇒ stosowanie materiałów budowlanych niezawierających [34]:
 - akrylamidu i akrylonitrylu w postaci niezwiązanej
 - azbestu
 - benzenu w ilościach większych od 0,1% masy materiałów budowlanych
 - benzyny lakierniczej lub innej mieszaniny lotnych węglowodorów alifatycznych i aromatycznych oraz chlorowcopochodnych (w płynach iniekcyjnych do osuszania murów budynków)

- chlorofenoli, w tym pentachlorofenolu oraz farbasolu i produktów pochodzących z przeróbki węgla (w materiałach stosowanych wewnątrz budynków)
- kadmu i ołowiu jako składnika pigmentów
- metanolu o zawartości powyżej 2% masy materiałów budowlanych
- węglowodorów aromatycznych jedno- i dwupierścieniowych, z wyjątkiem benzenu (powyżej 20% masy materiałów budowlanych stosowanych wewnątrz budynków)
- węglowodorów chloropochodnych jako rozpuszczalników, z wyłączeniem tetrachlorku węgla powyżej 5% masy materiałów budowlanych
- ⇒ niestosowanie do wyposażenia wnętrz sal lekcyjnych, sal gimnastycznych oraz pomieszczeń biurowych produktów na bazie drewna (płyt wiórowych, laminowanych, drewnianych i HDF, drewna forniowanego, oklein itp.), jeżeli zawierają formaldehyd w stężeniach przekraczających 0,08 ppm
- ⇒ wyposażenie pomieszczeń w meble, których elementy drewniane spełniają powyższe wymagania
- ⇒ uwzględnienie rodzajów zastosowanych materiałów budowlanych i wyposażenia sal lekcyjnych przy określaniu minimalnej wartości strumienia powietrza wentylacyjnego
- ⇒ stosowanie techniki wygrzewania nowo wykończonych budynków i wyremontowanych pomieszczeń – utrzymywanie przez kilka dni podwyższonej temperatury powietrza, powyżej 30 °C, przy jednoczesnej bardzo intensywnej wentylacji
- ⇒ odpowiednie zagęszczanie pokoi nauczycielskich i pomieszczeń przeznaczonych do pracy personelu administracyjnego szkół – przyjmuje się zagęszczenie ok. 0,1 osoby/m² [33].

Projektanci i inwestorzy powinni dążyć do przyjęcia założeń technicznych, które zapewnią klasyfikację pomieszczeń budynków szkół do pomieszczeń o wymaganiach średnich lub wysokich. Jest to możliwe przy wykorzystywaniu głównie materiałów budowlanych przebadanych pod kątem emisji zanieczyszczeń chemicznych i spełniających następujące kryteria [4]:

- ⇒ całkowita emisja lotnych związków organicznych (TOVCs) – mniejsza od 0,2 mg/m² h lub mniejsza od 0,4 mg/m² h
- ⇒ emisja formaldehydu – mniejsza od 0,05 mg/m² h lub mniejsza od 0,125 mg/m² h
- ⇒ emisja amoniaku – mniejsza od 0,03 mg/m² h lub mniejsza od 0,06 mg/m² h
- ⇒ emisja związków o udowodnionym działaniu rakotwórczym na ludzi (np. benzenu) – mniejsza od 0,0005 mg/m² h lub mniejsza od 0,005 mg/m² h w zakresie czynników chemicznych.

Istotny wpływ na poziom stężeń substancji chemicznych w powietrzu pomieszczeń budynków szkolnych mają instalacje wentylacyjne i klimatyzacyjne, dlatego ważne jest utrzymywanie ich we właściwym stanie higienicznym i technicznym.

Pyły

Przeprowadzone przez CIOP-PIB badania stężeń i rozkładów wymiarowych cząstek pyłów występujących w powietrzu sal lekcyjnych i gimnastycznych oraz pokoi nauczycielskich wskazują, że zarówno uczniowie, jak i nauczyciele są narażeni na wdychanie pyłów drobnodispersyjnych. W najnowszych badaniach wiele uwagi poświęca się cząstkom drobnodispersyjnym (o wymiarach nanometrycznych), które, jak się przypuszcza, mogą indukować odczyn zapalny w pęcherzykach płucnych i prowadzić do zaburzeń krzepnięcia krwi.

Narażenie w pomieszczeniach budynków szkół dotyczy przede wszystkim cząstek pyłów o wymiarach poniżej 1 μm , a więc cząstek, które przedostają się do obszaru wymiany gazowej płuc człowieka, mogą być przyczyną różnych schorzeń. W badanych pomieszczeniach udział stężeń liczbowych frakcji cząstek > 0,3–1 μm we frakcjach cząstek z zakresów wymiarowych > 0,3–3 μm > 0,3–4 μm i > 0,3–10 μm wynosił ponad 97%, przy czym w większości pomieszczeń udział ten wynosił ponad 99%.

Źródłami pyłów drobnodispersyjnych są np. prace związane z użytkowaniem papieru, elementy wyposażenia budynków i pomieszczeń oraz uczniowie. Istotny wpływ na stężenia pyłów drobnodispersyjnych w pomieszczeniach ma stężenie pyłów zawartych w powietrzu atmosferycznym, szczególnie w tym, które jest nawiewane do pomieszczeń pracy przez systemy wentylacyjne lub klimatyzacyjne. Jak wynika z przeprowadzonych badań, stężenia pyłów w powietrzu atmosferycznym są z reguły większe od stężeń pyłów występujących w pomieszczeniach biurowych.

Odpowiednią czystość powietrza w odniesieniu do pyłów, szczególnie pyłów drobnodispersyjnych, można uzyskać poprzez eliminowanie źródeł ich emisji oraz stosowanie systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych wyposażonych w filtry powietrza adekwatne do wymaganej czystości powietrza lub klasy czystości pomieszczenia.

Czynniki mikrobiologiczne

Szkodliwe czynniki mikrobiologiczne to mikro- i makroorganizmy oraz wytwarzane przez nie struktury i substancje, które wywierają niekorzystny wpływ na organizm człowieka i mogą być przyczyną wielu dolegliwości i chorób, m.in. pochodzenia zawodowego. Pięć dużych grup tych czynników to: priony i wirusy, bakterie, grzyby, czynniki roślinne, czynniki zwierzęce.

Pod względem rodzaju działania chorobotwórczego na organizm człowieka, biologiczne czynniki zagrożenia zawodowego podzielono na następujące grupy:

- ⇒ czynniki wywołujące choroby zakaźne i inwazyjne (priony, wirusy, bakterie, grzyby, pierwotniaki, robaki)
- ⇒ alergeny biologiczne (bakterie, grzyby, cząstki roślinne i zwierzęce)
- ⇒ toksyny biologiczne, w tym czynniki immunotoksyczne nadmiernie pobudzające lub hamujące układ odpornościowy (endotoksyna bakteryjna, mikotoksyny, glukany grzybicze, lotne związki organiczne, toksyny roślinne, jady zwierzęce)
- ⇒ czynniki rakotwórcze (aflatoksyny)
- ⇒ biologiczne wektory, czyli stawonogi przenoszące zarazki chorób transmisyjnych (kleszcze, komary).

Źródłem szkodliwych czynników biologicznych w szkołach są najczęściej zakażeni uczniowie, materiał kliniczny (zwłaszcza krew), rośliny, pył, wydaliny ludzkie i zwierzęce, ścieki, odpady, gleba. Czynniki te przenoszą się drogą powietrzno-pyłową lub powietrzno-kropelkową. Do organizmu mogą się dostać przez skórę i błony śluzowe, rzadziej drogą pokarmową. Z tego względu przestrzeganie zasad higieny przez uczniów jest niezwykle istotne.

Szczególne znaczenie dla zapewnienia odpowiedniej czystości powietrza w odniesieniu do czynników biologicznych ma właściwy stan higieniczny systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych [5,21,25], osiągany przez:

- ⇒ przeprowadzanie okresowych kontroli stężeń mikroorganizmów w powietrzu i w instalacjach
- ⇒ okresowe czyszczenie instalacji środkami mechanicznymi
- ⇒ dezynfekcję instalacji środkami chemicznymi
- ⇒ utrzymanie odpowiedniej wilgotności przepływającego powietrza, ograniczającej gromadzenie się wilgoci w instalacjach
- ⇒ unikanie rozpylania wody w instalacjach klimatyzacyjnych i chłodniczych, szczególnie w instalacjach, w których wykorzystuje się wodę o temperaturze 30–42 °C, sprzyjającego rozwojowi bakterii *Legionella pneumophila*
- ⇒ kontrolę jakości i uzdatnianie wody wykorzystywanej w instalacjach klimatyzacyjnych.

Środek chemiczny stosowany do dezynfekcji powinien charakteryzować się szerokim spektrum działania na mikroorganizmy, niską toksycznością dla ludzi i wysoką podatnością na biodegradację. Jednocześnie nie powinien powodować korozji metalu, z którym się styka. Dezynfekcji podlegają sieci przewodów i wilgotnych elementów takich instalacji, jak nawilżacze, filtry, wymienniki ciepła, zbiorniki wody i skroplin. Do dezynfekcji instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych zaleca się następujące preparatory (biocydów): czwartorzęd-

we związki amoniowe, alkohole, halogeny, podchloryny, związki nadtlenowe, związki fenolowe, aldehydy, jodofory lub promienniki ultrafioletowe.

Decydujący wpływ na skuteczność działania biocydów ma rodzaj drobnoustrojów, które należy zniszczyć, stężenie, czas kontaktu z mikroorganizmami oraz warunki środowiskowe (temperatura, odczyn pH).

Ze względu na dużą skuteczność niszczenia mikroorganizmów, do dezynfekcji instalacji klimatyzacyjnych i wentylacyjnych są również polecane związki chloru i alkohole, np. chloramina T, etanol, propanol, izopropanol.

Podczas prac dezynfekcyjnych z zastosowaniem preparatów, w których skład wchodzi biocydy, należy zachować szczególną ostrożność i stosować specjalne zabezpieczenia, np. odseparowanie nauczycieli i uczniów oraz dokładne przewentylowanie po przeprowadzeniu dezynfekcji.

Efektywność działania systemów wentylacyjnych

W pomieszczeniach budynków szkół powinna być zapewniona wymiana powietrza wynikająca z potrzeb użytkowych i funkcji tych pomieszczeń, bilansu ciepła i wilgotności oraz występujących zanieczyszczeń stałych i gazowych. Wymagania dotyczące parametrów powietrza w pomieszczeniach pracy są określone w odrębnych przepisach i polskich normach.

Powietrze doprowadzane do pomieszczeń pracy z zewnątrz powinno być, dzięki zastosowaniu klimatyzacji lub wentylacji mechanicznej, oczyszczone z pyłów i substancji szkodliwych dla zdrowia.

Klimatyzacja lub wentylacja nie może powodować przeciągów, wyiębienia lub przegrzewania pomieszczeń pracy. Nie dotyczy to wentylacji awaryjnej.

W przypadku zastosowania systemu klimatyzacji lub wentylacji mechanicznej należy zapewnić:

- ⇒ odpowiednią konserwację urządzeń i instalacji klimatyzacyjnych i wentylacyjnych w celu niedopuszczenia do awarii
- ⇒ stosowanie środków ograniczających natężenie i rozprzestrzenianie się hałasu i drgań powodowanych pracą urządzeń klimatyzacyjnych i wentylacyjnych.

Przy stosowaniu w pomieszczeniach pracy wentylacji mechanicznej z recyrkulacją powietrza, ilość powietrza świeżego nie powinna być mniejsza niż 10% ogólnej ilości wymienianego powietrza. W powietrzu wprowadzanym do pomieszczeń pracy zanieczyszczenie czynnikami szkodliwymi dla zdrowia nie powinno przekraczać poziomu, przy którym suma stosunków stężeń poszczególnych substancji do odpowiadających im wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń przekracza 0,3.

W celu uzyskania właściwej czystości powietrza w odniesieniu do substancji chemicznych, pyłów, czynników mikrobiologicznych i mikroklimatu należy

utrzymywać instalacje wentylacyjne i klimatyzacyjne we właściwym stanie higienicznym, zapewniającym bezpieczeństwo i ochronę zdrowia ludzi, oraz w stanie technicznym gwarantującym sprawność i niezawodność działania systemów.

Wytyczne dla projektantów, właścicieli i użytkowników budynków, dotyczące instalacji wentylacji i klimatyzacji, które umożliwią osiągnięcie warunków środowiska wewnętrznego spełniających w ciągu całego roku kryteria zdrowotne i komfortu cieplnego, a także charakteryzują się możliwymi do przyjęcia kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi, są przedstawione w normie PN-EN 13779:2008 [40]. Norma dotyczy następujących zagadnień:

- ⇒ aspektów ważnych z punktu widzenia uzyskania i utrzymywania dobrej charakterystyki energetycznej instalacji bez negatywnego wpływu na jakość środowiska wewnętrznego
- ⇒ stosowanych parametry środowiska wewnętrznego
- ⇒ definicji założeń wielkości projektowych i właściwości instalacji.

W normie nie uwzględniono wentylacji naturalnej.

Norma PN-EN 13779:2008, która odnosi się do projektowania i właściwości budynków niemieszkalnych, jest związana z normami:

- ⇒ PN-EN 15241:2007 [36] – w zakresie obliczania energii na wentylację
- ⇒ PN-EN 15242:2007 [37] – w zakresie obliczania strumieni powietrza
- ⇒ PN-EN 15251:2007 [38] – w zakresie kryteriów dotyczących środowiska wewnętrznego.

Skuteczność działania systemów wentylacji i klimatyzacji w budynkach szkolnych jest oceniana w ramach kontroli na końcowym etapie procesu inwestycyjnego, w czasie odbioru instalacji wentylacji i klimatyzacji, oraz w trakcie użytkowania budynków.

Zakres badań i sprawdzeń instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych nie jest w Polsce ujęty w żadnym przepisie prawnym. Zagadnienie to jest przedstawione w dokumentach, które nie mają charakteru obowiązującego. Są to:

- PN-EN 12599:2002/AC:2004 *Wentylacja budynków – Procedury badań i metody pomiarowe dotyczące odbioru wykonanych instalacji wentylacji i klimatyzacji* [35]
- *Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji wentylacyjnych* [23].

Dokumenty te mogą mieć moc wiążącą w odniesieniu do danego procesu inwestycyjnego, gdy zostaną powołane w umowie na wykonanie instalacji lub w jej projekcie technicznym. Utrzymywanie i kontrola skuteczności działania instalacji stanowi ciągły proces, który polega na zapewnieniu utrzymania poziomu działania instalacji uzyskanego w wyniku czynności odbiorowych oraz aktualizacji dokumentacji eksploatacyjnej.

Szczegółowe zalecenia dotyczące kontroli skuteczności działania systemów wentylacyjnych zostały bardzo obszernie przedstawione w procedurach opracowanych w CIOP-PIB [20].

4. Zalecenia dotyczące popularyzacji wiedzy o kształtowaniu jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych

Działania w zakresie popularyzowania wiedzy dotyczącej kształtowania jakości powietrza w budynkach szkół powinny obejmować:

- ⇒ opracowanie i przygotowanie materiałów szkoleniowych
- ⇒ przeprowadzanie szkoleń, seminariów, wykładów itd.
- ⇒ opracowanie i przygotowanie zaleceń określających sposoby postępowania podczas realizacji zadań służących uzyskaniu odpowiednich parametrów środowiska pracy w pomieszczeniach budynków szkół
- ⇒ upowszechnianie tych zaleceń wśród dyrektorów szkół, pracowników odpowiedzialnych za BHP i pracowników technicznych odpowiedzialnych za kształtowanie jakości powietrza w budynkach szkół.

Kluczowym działaniem w tym obszarze powinna być edukacja realizowana w formie:

- ⇒ seminariów dla dyrektorów szkół na temat ich roli w kształtowaniu jakości powietrza w budynkach
- ⇒ cyklicznych szkoleń i warsztatów dla pracowników służby BHP
- ⇒ cyklicznych szkoleń i warsztatów dla pracowników technicznych odpowiedzialnych za właściwe funkcjonowanie instalacji w budynkach, w tym systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych
- ⇒ pogadarek dla uczniów na temat zagrożeń i uciążliwości związanych z występowaniem czynników chemicznych, pyłów, czynników biologicznych i niewłaściwych parametrów mikroklimatu, negatywnych skutków ich oddziaływania na zdrowie, w tym także na komfort nauki, a także sposobów przeciwdziałania tym skutkom.

Efektem popularyzacji wiedzy o kształtowaniu jakości powietrza w budynkach szkół powinna być sytuacja, gdy dyrektorzy szkół, pracownicy odpowiedzialni za bezpieczeństwo i higienę oraz odpowiednie służby techniczne będą:

- ⇒ mieli świadomość występowania czynników szkodliwych i uciążliwych w środowisku nauki i pracy w szkołach
- ⇒ umieli rozpoznać potencjalne źródła czynników szkodliwych i uciążliwych
- ⇒ znali skutki oddziaływania czynników szkodliwych i uciążliwych wstępujących w środowisku na organizm człowieka i byli przekonani o konieczności zapobiegania tym skutkom

- ⇒ wiedzieli, że istnieją normy określające zasady badania czynników szkodliwych i uciążliwych
- ⇒ umieli śledzić krajowe przepisy określające wartości dopuszczalne i zalecane czynników szkodliwych ze względu na ochronę zdrowia oraz przepisy określające tryb i częstotliwość wykonywania badań i pomiarów
- ⇒ umieli kontrolować przestrzeganie obowiązujących norm i przepisów dotyczących czynników szkodliwych i uciążliwych występujących w środowisku pracy i nauki
- ⇒ wiedzieli, w jaki sposób oceniać ryzyko zawodowe związane z narażeniem na czynniki szkodliwe i uciążliwe występujące na stanowiskach pracy nauczycieli i pracowników administracyjnych szkół
- ⇒ podejmowali działania konieczne do przeprowadzania okresowych badań lekarskich
- ⇒ wiedzieli, jak wykorzystać różne środki techniczne i organizacyjne ograniczające narażenie na czynniki szkodliwe i uciążliwe występujące w środowiska nauki i pracy
- ⇒ wiedzieli, że efektywne działanie systemów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych ma istotny wpływ na parametry jakości powietrza w pomieszczeniach
- ⇒ mieli świadomość swojej roli w opracowywaniu programów poprawy warunków i komfortu nauki i pracy w szkołach.

5. Podsumowanie

Informacje dotyczące prawidłowego kształtowania jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych, przedstawione w tym opracowaniu, są adresowane do dyrektorów szkół oraz osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo i higienę w tych placówkach. Mają ułatwić realizację zadań służących ograniczeniu narażenia uczniów i nauczycieli na czynniki chemiczne, biologiczne i pyły, a także zapewnieniu prawidłowych parametrów mikroklimatu.

Wdrożenie przedstawionych zaleceń do praktyki szkolnej umożliwi kształtowanie odpowiednich parametrów środowiska nauki uczniów i środowiska pracy nauczycieli, a w konsekwencji przyczyni się do poprawy ich stanu zdrowia i polepszenia samopoczucia, a także podniesienia komfortu nauki i pracy.

Piśmiennictwo

1. Alsmo T., Holmberg S.: *Sick Buildings or Not: Indoor Air Quality and Health Problems in Schools*. Indoor and Built Environment 2007, vol. 16, nr 6, s. 548-555.
2. Aydogdu H., Asan A., Otkun M.T. Ture M.: *Monitoring of Fungi and Bacteria in the Indoor Air of Primary Schools in Edirne City, Turkey*. Indoor and Built Environment 2005, vol. 14, nr 5, s. 411-425.
3. Blondeau P., Iordache V., Poupard O., Genin D., Allard F.: *Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools*. Indoor Air. 2005, vol. 15, nr 1, s. 2-12.
4. CEN Raport CR 1752:1998 *Ventilation for Buildings: Design Criteria for the Indoor Environment*.
5. Charkowska A.: *Charakterystyka biocydów stosowanych w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2001*. Red. T. Jędrzejewska. J. Sowa. Warszawa, PW 2002.
6. Daisey J. M., Angell W. J., Apte M. G.: *Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information*. Indoor Air 2003, vol. 13, nr 1, s. 53-64.
7. Fromme, Lahrz T., Hainsch A., Oddoy A., Piloty M., Rűden H.: *Elemental carbon and respirable particulate matter in the indoor air of apartments and nursery schools and ambient air in Berlin (Germany)*. Indoor Air. 2005, vol. 15, nr 5, s. 335-341.
8. Geelen L. M. J., Huijbregts M. A. J., Ragas A. M. J., Bretveld R. W., Jans H. W. A., Doorn W. J. van, Evertz S. J. C. J., Zijden A. van der: *Comparing the effectiveness of interventions to improve ventilation behavior in primary schools*. Indoor Air. 2008, vol. 18, nr 5, s. 416-424.
9. Godwin C., Batterman S.: *Indoor air quality in Michigan schools*. Indoor Air. 2007, vol. 17, nr 2, s. 109-121.
10. Jankowska E.: *Influence of human activities on fine particles suspended in indoor air*. W: *Proceeding of the Seventh International Aerosol Conference*, St. Paul, Minnesota, 2006, s. 792-793.
11. Jędrzejewska-Ścibak T.: *Jakość powietrza w budynkach szkolnych w Polsce – wymagania prawne oraz zakres odpowiedzialności za ich realizację. Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2001*. Warszawa, PW 2002
12. Kisioglu A. N., Demirel R., Ozturk M.: *Assessing the Indoor Environment of Primary Schools in the Southwest of Turkey*; Indoor and Built Environment, 2005, vol. 14, nr 2, s. 141-145.

13. Łubkowska J., Kowalewski J.: *Zanieczyszczenia chemiczne powietrza w budynkach przeznaczonych dla dzieci, na tle ogólnego zanieczyszczenia wewnętrznego powietrza. Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2001*. Warszawa, PW 2002.
14. Meklin T., Husman T., Vepsäläinen A., Vahteristo M., Koivisto J., Halla-Aho J., Hyvärinen A., Moschandreas D., Nevalainen A.: *Indoor air microbes and respiratory symptoms of children in moisture damaged and reference schools*. Indoor Air. 2002, vol. 12, nr 3, s. 175-183.
15. Niedzielko J.: *Wybrane problemy związane z mikroklimatem w budynkach edukacyjnych*. W: Materiał konferencyjne – Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce. Jakość powietrza w budynkach edukacyjnych. Warszawa 2001.
16. Panayotis A., Siskos P.A., Bouba K.E., Stroubou A.P.: *Determination of Selected Pollutants and Measurement of Physical Parameters for the Evaluation of Indoor Air Quality in School Buildings in Athens, Greece*. Indoor and Built Environment 2001, vol. 10, nr 3-4, s. 185-192.
17. Parker J. L., Larson R. R., Eskelson E., Wood E. M., Veranth J. M.: *Particle size distribution and composition in a mechanically ventilated school building during air pollution episodes*. Indoor Air. 2008, vol. 18, nr 5, s. 386-393.
18. Pośniak M., Jankowska E., Kowalska J.: *Subiektywna ocena jakości powietrza w pomieszczeniach budynków szkół*. W: Materiały seminaryjne. Zagrożenia zdrowotne w środowisku pracy. Łódź, PTHP 2009. Abstrakt nr 26.
19. Stranger M., Potgieter-Vermaak S. S., Van Grieken R.: *Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp, Belgium*. Indoor Air. Early View 2008.
20. *Systemy wentylacji i klimatyzacji w pomieszczeniach budynków biurowych – ocena skuteczności działania*. Red. E. Jankowska, S. Pykacz. Warszawa, CIOP-PIB 2007.
21. *Środki czyszczące i dezynfekcyjne do układów klimatyzacyjnych i chłodniczych* www.wentylacja.com.pl.
22. Valavanidis A., Vratista M.: *Indoor Air Quality Measurements in the Chemistry Department Building of the University of Athens*. Indoor and Built Environment, 2006, vol. 15, nr 6, s. 595-605.
23. *Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji wentylacyjnych. Wymagania techniczne COBRTI INSTAL. Zeszyt 5. COBRTI INSTAL i Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie” 2002*.
24. *World Health Organization: Update and revision of the Air Quality Guidelines for Europe, EUR/HFA target*. Copenhagen, Regional Office for Europe 1995.
25. *Występowanie i metody zwalczania bakterii L w instalacjach wentylacji i klimatyzacji* www.wentylacja.com.pl.

26. *Zespół chorego budynku – ocena parametrów środowiska pracy*. Red. E. Jankowska, M. Pośniak. Warszawa, CIOP-PIB 2009.
27. Dyrektywa Rady 89/391/EWG z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenie środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy.
28. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy. [tekst jedn.] DzU 1998, nr 21, poz. 94 ze zm.
29. Ustawa o systemie oświaty z dnia 7 września 1991 r. DzU 2004, nr 256, poz. 2572 ze zm.
30. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. DzU nr 129, poz. 844, [tekst jedn.] DzU 2003, nr 169, poz. 1650 ze zm.
31. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU nr 75, poz. 690 ze zm.: DzU 2003, nr 33, poz. 270.
32. Rozporządzenie Ministra Edukacji i Sportu z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny w publicznych i niepublicznych szkołach i placówkach. DzU 2003, nr 6, poz. 69.
33. Obwieszczenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. DzU nr 169, poz. 1650.
34. Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 12 marca 1996 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, wydzielanych przez materiały budowlane, urządzenia i elementy wyposażenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi. Mon. Pol. nr 19, poz. 231.
35. PN-EN 12599:2002/AC:2004 *Wentylacja budynków – Procedury badań i metody pomiarowe dotyczące odbioru wykonanych instalacji wentylacji i klimatyzacji*.
36. PN-EN 15241:2007 *Wentylacja budynków – Metody obliczania strat energii na skutek wentylacji i infiltracji powietrza w budynkach użyteczności publicznej*.
37. PN-EN 15242:2007 *Wentylacja budynków – Metody obliczeniowe do określania strumieni objętości powietrza w budynkach z uwzględnieniem infiltracji*.
38. PN-EN 15251:2007 *Kryteria środowiska wewnętrznego, obejmujące warunki cieplne, jakość powietrza wewnętrznego, oświetlenie i hałas*.
39. PN-EN 13779:2008 *Wentylacja budynków niemieszkalnych – Wymagane właściwości systemów wentylacji i klimatyzacji*.
40. <http://www.gus.gov.pl> (20. 09. 2009 r.)
41. <http://www.men.gov.pl> (30. 03. 2008 r.)



