

Warszawa, 08.05.2020

B-BK-547-66/20

Szanowny Pan
Jarosław Jan Pinkas
Główny Inspektor Sanitarny

Szanowny Panie Ministrze,

W związku z licznymi zapytaniami dotyczącymi działań mających na celu ograniczenie ryzyka związanego z przenoszeniem się wirusa SARS-CoV-2 za pośrednictwem systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych wewnątrz budynków użyteczności publicznej oraz wielkopowierzchniowych obiektów handlowych, uprzejmie przekazuję zalecenia Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny.

Z poważaniem,
Dr n. med. Grzegorz Juszczyk
Dyrektor Narodowego Instytutu
Zdrowia Publicznego
– Państwowego Zakładu Higieny
/Dokument podpisany kwalifikowanym
podpisem elektronicznym/

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska
Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84
www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

Zalecenia dot. działań mających na celu ograniczenie ryzyka związanego z przenoszeniem się wirusa SARS-CoV-2 za pośrednictwem systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych wewnątrz budynków użyteczności publicznej oraz wielkopowierzchniowych obiektów handlowych.

W obliczu szerokich działań mających na celu ograniczenie rozprzestrzeniania się wirusa SARS-CoV-2 wśród ludzi, w tym wśród osób pracujących i przebywających w obiektach użyteczności publicznej czy galerii handlowych, eksperci z Zespołu roboczego ds. wpływu zanieczyszczenia powietrza na zdrowie, przy Radzie Narodowego Programu Zdrowia, Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, Centralnego Instytutu Ochrony Pracy oraz Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego PZH, zajmujący się jakością powietrza wewnątrz pomieszczeń podjęli się opracowania zaleceń, których wdrożenie w praktyce pozwoli w sposób efektywny zmniejszyć ryzyko rozprzestrzeniania się czynników zakażeń mikrobiologicznych, w tym wirusa SARS-CoV-2, za pośrednictwem instalacji wentylacji i klimatyzacji w ww. obiektach. Zalecenia opierają się na poniższych poradach technicznych, sanitarnych i wskazówkach na temat sposobu postępowania:

- Utrzymanie maksymalnej wydajności instalacji w pełnym cyklu dobowym.
- Rezygnacja lub minimalizacja udziału powietrza pochodzącego z recyrkulacji, w tym ograniczenie stosowania urządzeń do ogrzewania i chłodzenia działających na powietrzu obiegowym lub przestawienie ich na pracę w trybie maksymalnej wydajności.
- Wprowadzenie okresowego wietrzenia pomieszczeń (z wyłączeniem toalet) i ciągów komunikacyjnych obiektów poprzez otwarcie okien, świetlików itp., o ile obiekt posiada takie możliwości techniczne.
- Wentylacja mechaniczna wywiewna w toaletach powinna pracować w trybie ciągłym, z maksymalną wydajnością.
- Należy utrzymać częstotliwość kontroli czystości elementów instalacji i zadanych parametrów jej pracy, a także prac serwisowych obejmujących wymianę i czyszczenie filtrów i dezynfekcję elementów, które są szczególnie narażone na zanieczyszczenie jak np. wymienniki ciepła. W trakcie przeglądów i działań serwisowych należy szczególnie zwrócić uwagę na zabezpieczenie personelu technicznego poprzez stosowanie odpowiednich środków ochrony osobistej.

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

- Na czas epidemii SARS-CoV-2 należy powstrzymać się od planowanego czyszczenia wewnętrznych powierzchni przewodów wentylacyjnych.

Fakt przenoszenia się różnych patogenów wywołujących choroby zakaźne układu oddechowego takie jak odra, gruźlica, grypa, zespół ostrej niewydolności oddechowej (SARS), w tym wirusa SARS-CoV-2, wywołującego jednostkę chorobową COVID-19 w powietrzu wewnątrz pomieszczeń oraz związane z tym ryzyko infekcji przebywających w nim osób jest procesem znanym i potwierdzonym w wielu publikacjach naukowych. Mimo to, szczegółowy mechanizm przenoszenia chorób zakaźnych poprzez powietrze w pomieszczeniach zamkniętych, w tym za pośrednictwem systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych, nie jest jeszcze w pełni poznany. Każdorazowo jest on zależny od kilku złożonych procesów fizycznych i biologicznych związanych z:

- długością życia/aktywności czynnika zakaźnego,
- częstością jego wnikania do organizmu człowieka,
- mechanizmem redukcji czynnika w powietrzu wewnętrznym w wyniku stosowanych metod uzdatniania powietrza nawiewanego do pomieszczeń.

Wykazano, że projekt budynku i samej instalacji, a także zadane parametry operacyjne systemu, takie jak zwiększony udział powietrza wywiewanego na zewnątrz budynku oraz zastosowanie dodatkowych czynników biobójczych jak np. promieniowanie UV oraz UV-C, mogą zmniejszyć ryzyko przenoszenia chorób zakaźnych wewnątrz pomieszczeń budynków, w tym budynków użyteczności publicznej. Bardzo istotny jest odpowiedni dobór klasy stosowanych filtrów powietrza, a także ich właściwa eksploatacja, włączając w to procesy ich czyszczenia i regularnej wymiany. Należy również uwzględnić określony czas aktywności/życia różnych patogenów w powietrzu w formie cząstek wirusów lub komórek bakterii zawieszonych w aerozolu wodno-powietrznym. W momencie kiedy człowiek kaszle, kicha, mówi lub oddycha, krople aerozolu wodnego, zawierające wydzielinę dróg oddechowych, cząstki białka, sole i inne substancje organiczne i nieorganiczne są wyrzucane z dużą prędkością (kichanie, kaszel) do powietrza wewnątrz pomieszczenia. Jeśli osoba będąca źródłem aerozolu jest chora lub jest nosicielem danego patogenu, krople te mogą również zawierać cząsteczki zakaźne, które mogą być cząstkami wirusów (wirionami) lub komórkami bakterii. Rozmiar cząstek wirusów waha się w zakresie od 20 do 200 nm, a większych od nich bakterii od 0,2 do 5 µm. Należy też brać pod uwagę, że zarówno cząstki wirusów jak i komórki

bakterii, które trafiają do powietrza w wyniku np. kaszlu osoby zarażonej, występują w postaci zawiesiny (bioaerozol), której krople są początkowo znacznie większe niż rozmiary cząstek patogenów jednak ich średnica spada wyniku dość szybkiego wysychania. Na podstawie dostępnych wyników badań szacuje się, że około 20% wirusa grypy przenoszonego drogą kropelkową jest związana z cząstkami aerozolu w zakresie wielkości 0,3–1 μm , 29% jest związana z zakresem wielkości 1–3 μm , a 51% jest związana z zakresem wielkości 3–10 μm . Dane te są szczególnie istotne w zestawieniu ze sprawnością poszczególnych klas filtrów powietrza stosowanych w systemach wentylacyjno-klimatyzacyjnych. Większe krople aerozolu, po zetknięciu się z powierzchniami, w tym powierzchniami np. wnętrza kanałów wentylacyjnych, mogą stanowić czasowy rezerwuuar drobnoustrojów, które za pomocą systemu wentylacyjno-klimatyzacyjnego mogą przenosić się pomiędzy pomieszczeniami wraz z powietrzem do nich nawiewanym. Mniejsze krople ulegają dość szybkiemu wysychaniu (poniżej 1 sekundy), jednak mogą one być jednocześnie przenoszone na większe odległości, ponieważ są lekkie i skutecznie omijają standardowe, średniosprawne filtry stosowane w systemach wentylacyjno-klimatyzacyjnych większości obiektów użyteczności publicznej. Im większy reżim sanitarny instalacji, wynikający z charakteru użytkowania danego obiektu, tym ryzyko przenoszenia się patogenów w powietrzu jest mniejsze. Szczególnie istotne jest to w przypadku stosowania wentylacji nawiewno-wywiewnej oraz wentylacji wraz z klimatyzacją w obiektach podmiotów wykonujących działalność leczniczą. Obszar ten jest regulowany przez oddzielne przepisy i ich dochowanie powinno w sposób wystarczający chronić zarówno pacjentów jak i personel medyczny przed nadmierną ekspozycją na chorobotwórcze czynniki mikrobiologiczne. Największe wyzwanie stoi więc przed zarządcami obiektów, dla których standardowo nie jest wymagany aż tak wysoki reżim higieniczny w zakresie systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych i które w naturalny sposób mogą być podatne na przenoszenie się drobnoustrojów, w tym wirusów, drogą powietrzną.

Specjaliści w tym eksperci z Zespołu roboczego ds. wpływu zanieczyszczenia powietrza na zdrowie, przy Radzie Narodowego Programu Zdrowia, Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, Centralnego Instytutu Ochrony Pracy oraz Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego PZH, zajmujący się jakością powietrza wewnątrz pomieszczeń uważają zatem, że przenoszenie SARS-CoV-2, jak i innych patogenów człowieka, drogą powietrzną jest wystarczająco prawdopodobne, by szczególnie na czas pandemii, zmienić rutynowe działanie systemów wentylacji i klimatyzacji w budynkach, w tym w budynkach użyteczności publicznej oraz wielkogabarytowych

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

obiektach handlowych (tzw. galeriach handlowych). Specjalne rekomendacje w tym zakresie opracowały zarówno REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations) jak i ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Ze względu na bardzo duże zróżnicowanie typów budynków oraz typów instalacji, a także biorąc pod uwagę ograniczoną możliwość wprowadzania zmian w istniejących systemach, zapisy w obu dokumentach mają charakter porad i zaleceń, a nie kategorycznych zakazów lub nakazów. Oba dokumenty mają charakter otwarty i są okresowo nowelizowane wraz z napływem potwierdzonych doniesień o możliwym udziale drogi powietrznej w rozprzestrzenianiu się SARS-CoV-2.

Biorąc pod uwagę powyższe dane, w celu ograniczenia możliwości przenoszenia się koronawirusa wywołującego chorobę COVID-19 drogą powietrzną, za pośrednictwem systemów HVAC, sugeruje się stosowanie następujących działań, których efektywność zależna będzie od wiedzy personelu technicznego obsługującego dany system wentylacyjno-klimatyzacyjny, a także możliwości technicznych oraz finansowych:

1. Najczęstszą i stosunkowo prostą do realizacji metodą ograniczenia możliwości zakażeń wirusowych wewnątrz pomieszczeń zaopatrzonych w system wentylacyjno-klimatyzacyjny jest metoda „rozcieńczania” mikrobiologicznych zanieczyszczeń w powietrzu wewnątrz pomieszczeń poprzez utrzymanie dość rygorystycznych zasad w zakresie wysokiej krotności wymian powietrza w pomieszczeniach, w których przebywają ludzie. Dodatkowo istotne jest aby powietrze zużyte wywiewane z pomieszczeń było, w miarę możliwości, usuwane na zewnątrz budynku, a do pomieszczeń nawiewane było głównie odpowiednio uzdatnione powietrze świeże (atmosferyczne) z możliwie jak najmniejszym dodatkiem powietrza z sytemu cyrkulacji. Stwierdzono, że osoby przebywające w budynkach, w których nie stosowano cyrkulacji powietrza były w znaczący sposób mniej podatne na zakażenia związane z respirabilną drogą infekcji, w tym infekcji wirusa grypy. Dodatkowo, powietrze podlegające cyrkulacji, krążące w układzie zamkniętym, powinno podlegać filtracji z użyciem wysokiej klasy filtrów powietrza o oznaczeniach zgodnych z aktualną klasyfikacją filtrów i normami określającymi ich sprawność w zakresie redukcji liczby cząstek o określonej wielkości. Dodatkowo, rozważyć można też wdrożenie działań pomocniczych, mających na celu usuwanie czynników biologicznych poprzez montaż wewnątrz instalacji filtrów elektrostatycznych, lamp UV lub generatorów jonów, pod warunkiem zapewnienia, że

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny

ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

takie modyfikacje systemu nie wpłyną negatywnie na bezpieczeństwo zdrowotne wynikające z jego użytkowania.

W związku z powyższym, zaleca się aby:

- a. urządzenia służące do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń działające na powietrzu obiegowym (np. klimakonwektory wentylatorowe, jednostki wewnętrzne w systemach klimatyzacji z bezpośrednim odparowaniem czynnika, pomieszczeniowe pompy ciepła w systemach z pętlą wodną) należy wyłączyć albo przestawić wentylator w tryb pracy ciągłej ze stałą wydajnością. Zaleca się dodatkowo przeprowadzać okresową dezynfekcję powierzchni wymienników tych urządzeń poprzez zwiększenie temperatury powierzchni wymiennika na określony czas (w przypadku zwiększenia temperatury do ok. $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $t=1\text{h}$, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $t=12\text{ h}$);
 - b. instalacje wentylacji sterowane w zależności od wymagań (np. instalacje sterowane poziomem stężenia dwutlenku węgla) powinny być przestawiane w tryb pracy ze stałą, maksymalną wydajnością;
 - c. wentylacja mechaniczna wywiewna w pomieszczeniach toalet musi pracować w trybie ciągłym z maksymalną wydajnością i niezależnie od użytkowania budynku;
 - d. w celu utrzymania pożądanego kierunku przepływu powietrza, otwieranie okien w pomieszczeniach toalet (o ile w nich są) zaopatrzonych w mechaniczną wentylację wywiewną jest niedopuszczalne.
2. Istotne jest zapewnienie stałych, wysokich wydajności przepływu powietrza w systemie wentylacyjno-klimatyzacyjnym danego obiektu w cyklu dobowym. Należy ograniczyć spadki przepływu, które stosowane są najczęściej nocą, poza godzinami pracy obiektów użyteczności publicznej i/lub handlowych. Jest to spotykane działanie podyktowane głównie kwestiami finansowymi i dopuszczalne w normalnych warunkach, bez obciążeń związanych ze stanem pandemii obowiązującym aktualnie. W obecnej sytuacji należy ograniczyć takie praktyki w celu zapewnienia efektywnej wymiany powietrza, a co za tym idzie, poprawę mikrobiologicznej jakości powietrza wewnątrz pomieszczeń, w których przebywają ludzie. Instalacje wentylacji mechanicznej powinny pracować z maksymalną wydajnością w okresie użytkowania obiektu, a także co najmniej

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

na 2 godziny przed i 2 godziny po zakończeniu użytkowania jednak zalecane jest utrzymywanie maksymalnej wydajności wentylacji także w okresach gdy budynek nie jest użytkowany - tryb pracy ciągłej.

3. Dodatkowym i zalecanym działaniem pożądanym jest również okresowe wietrzenie pomieszczeń w obiektach użyteczności publicznej, a także w przestrzeniach otwartych w galeriach handlowych poprzez otwieranie okien/światlików i umożliwienie wymiany powietrza z wykorzystaniem powietrza atmosferycznego (o ile jest to możliwe z technicznego punktu widzenia). Szczególnie istotne jest to w przypadku obiektów, w których pomieszczeniach znajduje się duża liczba osób, a system wentylacyjno-klimatyzacyjny jest niskosprawny lub istnieją podejrzenia, że może nie być wystarczający do zapewnienia zwiększonej krotności wymian powietrza w pomieszczeniach.
4. Wskazane jest zmniejszenie zagęszczenia osób przebywających w pomieszczeniach, co w praktyce zmniejsza wewnętrzne, mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza, ponieważ ludzie są źródłem bakterii oraz wirusów, które trafiają do powietrza wewnątrz pomieszczeń. Takie działanie jest jednocześnie dwuwymiarowe, zmniejsza zanieczyszczenie powietrza, a dodatkowo częściowo izoluje osoby pracujące i przebywające obok siebie, co redukuje ryzyko bezpośredniego kontaktu, a tym samym infekcji przekazywanych bezpośrednio z człowieka na człowieka bez udziału systemu wentylacyjno-klimatyzacyjnego.
5. Stała kontrola pracy systemu wentylacyjno-klimatyzacyjnego z uwzględnieniem prac serwisowych, w tym okresowych przeglądów technicznych i sanitarnych. Działania z tym związane powinny uwzględniać planowe przeglądy techniczne, kontrolę szczelności systemu, właściwą i terminową wymianę filtrów powietrza. Procesy czyszczenia wnętrza kanałów wentylacyjnych powinno ograniczyć się niezbędnemu minimum np. jeśli zostanie stwierdzone ich wyraźne zanieczyszczenie. Dezynfekcję powierzchni narażonych na zanieczyszczenia jak np. wymienniki ciepła (szczególnie obrotowe i płytowe) należy prowadzić ze zwiększoną częstotliwością. W przypadku podjęcia decyzji o przeprowadzeniu dezynfekcji elementów instalacji wentylacyjnej, zaleca się stosowanie środków dezynfekcyjnych dopuszczonych do obrotu na terenie kraju przez Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych.

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

Dodatkowo wyroby te powinny posiadać potwierdzoną skuteczność bójczą wobec wirusów i stosowane powinny być zgodnie z ich przewidzianym przeznaczeniem przez osoby używającego odpowiednich środków ochrony osobistej, przeszkolone lub przez profesjonalne firmy zajmujące się procesami czyszczenia i dezynfekcji instalacji wentylacyjno-klimatyzacyjnej. Wskazane jest też kontrolowanie czy ciśnienie powietrza w przewodzie powietrza zewnętrznego jest większe niż ciśnienie powietrza w przewodzie powietrza wywiewanego. W przypadku stwierdzenia odwrotnego układu ciśnienia należy go przywrócić do stanu pożądanego (np. poprzez zmianę oporów przepływu powietrza na przepustnicach) lub zastosować obejście urządzenia.

Zastosowanie powyższych rozwiązań w praktyce pozwoli w sposób efektywny zmniejszyć ryzyko rozprzestrzeniania się czynników zakażeń mikrobiologicznych, w tym wirusa SARS-CoV-2, za pośrednictwem instalacji HVAC w obiektach użyteczności publicznej, a także w wielkopowierzchniowych obiektach handlowych. Zwraca się jednocześnie uwagę aby podejmowane działania były przemyślane, poprzedzone wnikliwą analizą sytuacji, oceną ryzyka oraz podjęte na podstawie profesjonalnej wiedzy w przedmiotowym zakresie. Należy też je dostosować do aktualnej sytuacji sanitarnej oraz zakresu przeznaczenia danego budynku. Jednocześnie istotne jest uwzględnienie faktu, że ww. działania każdorazowo mogą się wiązać z wysokim nakładem kosztów związanych z organizacją pracy oraz technicznym utrzymaniem systemu wentylacyjno-klimatyzacyjnego o wysokiej sprawności w zakresie usuwania zanieczyszczeń o niewielkich rozmiarach, w tym cząstek o rozmiarach $< 5\mu\text{m}$.

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny

ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

PIŚMIENNICTWO:

1. ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols, (Approved by ASHRAE Board of Directors April 14, 2020)
(https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_infectiousaerosols_2020.pdf)
2. Bedell K., Buchaklian A.H., Perlman S. Efficacy of an automated Multiple Emitter Whole-Room Ultraviolet-C Disinfection system against Coronaviruses MHV and MERS-CoV. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 37 (5), 2016
3. Charkowska A. Nowa klasyfikacja filtrów powietrza dla wentylacji ogólnej. *Rynek Instalacyjny* 10/2018.
4. Charkowska A. Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą. Warszawa, 2018.
5. Cowling BJ, Ip DKM, Fang VJ, et al. Aerosol transmission is an important mode of influenza A virus spread. *Nat Commun.* 4:1935, 2013.
6. Eischeid A.C., Meyer J.N., Linden K.G. UV disinfection of Adenoviruses: molecular indications of DNA damage efficiency. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(1), 2009
7. Fabian P, Brain J, Houseman EA, Gern J, Milton DK. Origin of exhaled breath particles from healthy and human rhinovirus- infected subjects. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 24:137-147, 2011.
8. Frank J. Kelly and Julia C. Fussell, Improving indoor air quality, health and performance within environments where people live, travel, learn and work, *Atmospheric Environment*, 10.1016/j.atmosenv.2018.11.058, 2018.
9. He Q, Niu J, Gao N, Zhu T, Wu J. CFD study of exhaled droplet transmission between occupants under different ventilation strategies in a typical office room. *Build Environ.* 46:397-408, 2011.
10. Holmgren H, Ljungström E, Almstrand A-C, Bake B, Olin A-C. Size distribution of exhaled particles in the range from 0.01 to 2.0 μm . *J Aerosol Sci.* 41:439-446, 2010.
11. Jianjian Wei and Yuguo Li, Airborne spread of infectious agents in the indoor environment, *American Journal of Infection Control*, 10.1016/j.ajic.2016.06.003, 44, 9: 102-108, 2016.
12. Johnson GR, Morawska L, Ristovski ZD, et al. Modality of human expired aerosol size distributions. *J Aerosol Sci.* 42:839-851, 2011.
13. Kunkel SA, Azimi P, Zhao H, Stark BC, Stephens B. Quantifying the size- resolved dynamics of indoor bioaerosol transport and control. *Indoor Air.* 27:977-987, 2017.
14. Kwok Wai Tham, Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years, *Energy and Buildings*, 10.1016/j.enbuild.2016.08.071, 130:637-650, 2016.

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)

15. Luke D. Knibbs and Peter D. Sly, Airborne Transmission of Viral Respiratory Pathogens. Don't Stand So Close to Me?, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 10.1164/rccm.201602-0432ED, 194, 3:253-254, 2016.
16. Pei Zhou, Yi Yang, Gongsheng Huang and Alvin C.K. Lai, Numerical and experimental study on airborne disinfection by negative ions in air duct flow, Building and Environment, 10.1016/j.buildenv.2017.11.006, 127: 204-210, 2018.
17. REHVA COVID-19 guidance document, (wersja April 3, 2020) (<https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>)
18. RTI. Test Report of Filtration Efficiency of Bioaerosols in HVAC Systems. Research Triangle Institute; 2004; RTI Project No. 08787.0
19. Xiaolei Gao, Jianjian Wei, Benjamin J. Cowling and Yuguo Li, Potential impact of a ventilation intervention for influenza in the context of a dense indoor contact network in Hong Kong, Science of The Total Environment, 10.1016/j.scitotenv.2016.06.179, 569-570, (373-381), 2016.
20. Yang S, Lee GWM, Chen C-M, Wu C-C, Yu K-P. The size and concentration of droplets generated by coughing in human subjects. J Aerosol Med Off J Int Soc Aerosols Med. 20:484-494, 2007.
21. Yang W, Elankumaran S, Marr LC. Concentrations and size distributions of airborne influenza A viruses measured indoors at a health centre, a day-care centre and on aeroplanes. J R Soc Interface. 8:1176-1184, 2011.
22. Z. T. Ai and A. K. Melikov, Airborne spread of expiratory droplet nuclei between the occupants of indoor environments: A review, Indoor Air, 28, 4:500-524, 2018.

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24, 00-791 Warszawa, Polska

Tel: +48 22 54 21 400, +48 22 54 21 200, fax: +48 22 849 74 84

www.pzh.gov.pl, e-mail: pzh@pzh.gov.pl

Regon: 000288461, NIP: 525-000-87-32, PL 93 1130 1017 0080 1180 2020 0001 (SWIFT: GOSKPLPW)