

JAKOŚĆ POWIETRZA W SZKOŁACH I PRZEDSZKOLACH 2021

WYMAGANIA DOT. JAKOŚCI POWIETRZA
W OBIEKTACH EDUKACYJNYCH, ROZWIĄZANIA SPECJALNE



Partnerzy publikacji



INSTALACJE:

- grzewcze • wentylacyjne
- klimatyzacyjne • wodno-kanalizacyjne

Rynekinstalacyjny.pl

Popularny portal branżowy (ponad 2 mln odsłon miesięcznie!), który daje dostęp do merytorycznych artykułów, najświeższych informacji oraz terminarza wydarzeń.



NEWSLETTER:

Co tydzień paczka, w której dostarczymy: artykuły merytoryczne, aktualności z branży instalacyjnej, wywiady, nowości produktowe, informacje o szkoleniach, konferencjach i targach. Newslettery wysyłane są do ok. 16,5 tys. użytkowników, OR: 14-20%, CTR: 2%.

01

02

03

04

05

E-BOOKI:

Bezpłatne poradniki dotyczące branży instalacyjnej, grzewczej, wentylacyjnej i ppoż. Średnio 12 tys. pobrań w roku.

E-WYDANIA:

Nasze czasopismo dostępne w wygodnej wersji elektronicznej w formie flipbook.

FACEBOOK:

Prężnie działający profil – ponad 5 tys. obserwatorów! Codzienne aktualności, relacje z konferencji, konkursy i treści z przymrużeniem oka.

PRZEGLĄDARKA PRODUKTÓW:

Przeglądaj, porównuj i zapoznaj się ze specyfikacją techniczną wybranych produktów dla branży grzewczej, wentylacyjnej i wodno-kanalizacyjnej.

Spis treści

#ZaFrapuj się... na jakość powietrza i efektywność energetyczną	4
Wentylacja budynków edukacyjnych – problemy z jakością powietrza wewnętrznego	12
Głęboki oddech – aktywna nauka	20
Projektowanie systemów wentylacji i klimatyzacji a wilgotność powietrza i jej wpływ na zdrowie oraz komfort	22
O czym warto pamiętać przy projektowaniu instalacji wentylacji?	36
Jakość powietrza w budynku użytkowanym jako żłobek	40
Nawilżanie powietrza w żłobkach i przedszkolach	54
Wentylacja szkolnych sal gimnastycznych	62
Nowoczesna wentylacja w placówkach edukacyjnych	74
Stan systemu wentylacyjnego w budynku edukacyjnym i jego wpływ na jakość powietrza – analiza przypadku	82
Wentylacja pomieszczeń w szkołach i przedszkolach za pomocą central wentylacyjnych Systemair Topvex oraz Geniox	94
Usuwanie wirusów, grzybów i bakterii z powietrza wentylacyjnego i obiegowego	100
Czyste powietrze w przedszkolach i salach lekcyjnych – rozwiązania od WOLF	112
Katalog firm	116

Redakcja



Adres redakcji

ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 512 60 75
faks 22 810 27 42
www.rynekinstalacyjny.pl

Redakcja

Magdalena Szewczyk
mszewczyk@rynekinstalacyjny.pl

Reklama

Marta Dzierżawa
mdzierzawa@medium.media.pl
Ewa Zgutka
ezgutka@rynekinstalacyjny.pl



Grupa MEDIUM

Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.k.
ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 21 24, faks 22 810 27 42



Zapewniamy czyste powietrze



+48 52 880 85 00
sprzedaz@afprofilters.pl

www.afprofilters.pl

ZaFrapuj się... na jakość powietrza i efektywność energetyczną

Liczne kampanie informacyjne przyczyniły się do znacznego zwiększenia świadomości społeczeństwa w zakresie pogorszenia parametrów jakościowych powietrza w otaczającym nas środowisku. W głównej mierze nacisk kładziony jest na aspekty związane ze środowiskiem zewnętrznym. Zagadnienia dotyczące wnętrza budynków niestety są często pomijane, a przecież według różnych szacunków, spędzamy w budynkach aż 80–90% swojego czasu.

Zainteresowanie, wiedza i doświadczenie

W naszej pracy od ponad 30 lat każdego dnia obserwujemy sektor inżynierii sanitarnej, który odnosi się nie tylko do systemów wentylacji klimatyzacji i ogrzewania, ale coraz częściej również do odnawialnych źródeł energii (OZE). Widzimy problemy i jako rodzimy producent reagujemy, tworząc innowacyjne rozwiązania, które implementujemy na obiektach. Naszym zadaniem jest nie tylko poprawiać komfort użytkownika, generować oszczędności dla inwestora, ale również działać na rzecz ochrony środowiska.

Jesteśmy zaFrapowani na poprawę jakości powietrza wewnętrznego oraz na zwiększenie efektywności energetycznej w budynkach. Nasz zespół badawczy od lat monitoruje warunki panujące w polskich placówkach edukacyjnych i wyniki pomiarów są jednoznaczne – w szkołach brakuje czystego, świeżego powietrza.

Zanieczyszczenia powietrza

Poprawa efektywności energetycznej budynków, stymulowana ciągłymi zmianami w prawodawstwie krajowym i europejskim, wpływa na wiele parametrów, w tym między innymi na szczelność obiektów, co z kolei podnosi znaczenie efektywnego systemu wentylacji. Bez niego, u osób przebywających wewnątrz pomieszczeń, mogą pojawić się objawy syndromu chorego budynku, między innymi reakcje alergiczne lub pogorszenie samopoczucia. Niezależnie od zanieczyszczeń zawartych w powietrzu zewnętrznym, w pomieszczeniach o małej kubaturze nawet niewielkie źródła emisji szkodliwych substancji mogą w krótkim czasie prowadzić do wzrostu ich stężeń, które znacząco przekroczą te infiltrujące z zewnątrz.

ODDECH DLA SZKÓŁ

ZaFrapuj się na jakość powietrza i efektywność energetyczną.

Ogólnopolski program kompleksowej termomodernizacji placówek edukacyjnych.

5 kroków do termoefektywności

- ✓ Przeprowadzamy audyt remontowo-budowlany.
- ✓ Projektujemy optymalne rozwiązania dla danej placówki.
- ✓ Pomagamy zdobyć środki z funduszy celowych.
Dofinansowanie nawet do 100%!
- ✓ Wykonujemy prace instalacyjne oraz budowlane w obiekcie.
- ✓ Doradzamy, monitorujemy i rozliczamy.



Potencjał technologiczny



Kompleksowość



Polski producent

Zgarnij HELP BOX za darmo!

Zamów Blue AirCheck i zrób pierwszy krok do poprawy warunków w Twojej szkole. Nasz doradca powie Ci, jak pozyskać fundusze na termomodernizację.

Skontaktuj się z nami!

 +48 665 100 155

 oddech@frapol.com.pl

Źródłami polutantów wewnątrz budynku mogą być materiały budowlane na przykład tynki, farby, ale także wyposażenie wnętrz, urządzenia, stosowane do konserwacji środki czystości oraz substancje związane z pobytem ludzi i realizowanymi procesami życiowymi. Szczególnym zagrożeniem są przenoszone drogą kropelkową bakterie i wirusy. W przypadku braku właściwej wymiany powietrza, zachowanie dystansu społecznego nie zapewni bezpieczeństwa z uwagi na narastające stężenie chorobotwórczych mikroorganizmów, których transmisja odbywa się nie tylko przez kichanie czy kaszel, ale również oddychanie czy mówienie. Badania dotyczące SARS-CoV2 wskazują, że cząsteczki mniejsze od 10 µm, w odpowiednich warunkach, unoszą się w powietrzu do trzech godzin, zwiększając ryzyko zarażenia przebywających w pobliżu osób. Aerosol większych cząstek (powyżej 60 µm) opada na podłogę w odległości 1÷2 m, stanowiąc nadal zagrożenie dla ludzi poprzez kontakt z tymi powierzchniami, na których może pozostać aktywny nawet 2÷3 dni.

Z jakimi problemami zmagają się stare szkoły?

A. Przegrzewanie sal:

- najczęściej orientacja południowa, największe zyski ciepła przez oszklenie;
- brak osłon przeciwsłonecznych;
- bardzo duże zyski ciepła wewnętrznego (ludzie, sprzęt);
- całkowicie nieskuteczna wentylacja naturalna.

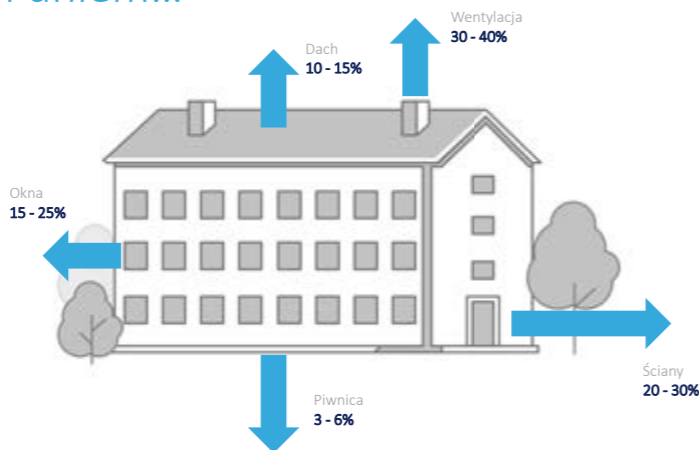
B. Temperatura:

- zbyt wysoka – szybkie zmęczenie, dekoncentracja i większa podatność na choroby (przegrzewanie);

Narastające straty każdego sezonu, z każdym dniem...

Straty energii grzewczej

Największe straty energii grzewczej w budynkach występują przez tradycyjną wentylację grawitacyjną, której nie można wyposażyć **W WYSOKOSPRAWNY SYSTEM ODZYSKU CIEPŁA!**



- zbyt niska – brak komfortu pracy i większa podatność na choroby (niemożność zapewnienia w pomieszczeniach temperatury co najmniej 18°C uprawnia dyrektora placówki do odwołania zajęć).

C. Wilgotność:

- zbyt niska (szczególnie zimą) – wpływa na dolegliwości nosa, gardła i oczu;
- zbyt wysoka – powoduje uczucie duszności i sprzyja rozwojowi zarodników pleśni.

D. Prędkość powietrza:

- zbyt duża (np. w miejscu nawiewu) – może powodować przeciągi;
- zbyt mała (brak ruchu powietrza) – uniemożliwia skuteczną wentylację.

E. Obecność dwutlenku węgla:

- powyżej 1000 ppm. powoduje narastające uczucie duszności i zmęczenia, bóle głowy, gorsze samopoczucie, spadek koncentracji, wydajności i produktywności.

F. Brak filtracji powietrza:

- obecność zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza;
- brak usuwania bakterii, wirusów, zarodników pleśni i grzybów, pyłków, roztoczy etc.;
- obecność pyłów, których źródłem mogą być prace szkolne (np. użytkowanie papieru, kredy), kurz osiadły na elementach wyposażenia pomieszczenia czy po prostu obecność ludzi;
- obecność substancji chemicznych, szczególnie lotnych związków organicznych, pochodzących głównie z elementów wyposażenia wnętrza (np. wykładziny, meble, materiały wykończeniowe na ściany).

zaFrapuj się oddechem

Szkoły, które rosną dzięki rozwojowi i ulepszeniom, nie zginą. Kiedy jednak szkoła przestaje być twórcza, kiedy uważa, że musi tylko uczyć - nie do końca spełnia już swoją misję. Zdajemy sobie sprawę, że trzeba poczynić duże inwestycje, na które szkoły nie mają własnego budżetu, dlatego też program ODDECH DLA SZKÓŁ daje wiele możliwości w tym pomoc w pozyskaniu dofinansowania.

Program „ODDECH DLA SZKÓŁ” i „ODDECH DLA SPÓŁDZIELNI” (w skrócie ODS) to pełne wsparcie dla polskich placówek edukacyjnych i starszych budynków wielorodzinnych w kwestii modernizowania w sposób najbardziej korzystny dla gospodarki ze szczególnym uwzględnieniem zdrowia ich użytkowników.

To rozwiązanie dla jednostek samorządu terytorialnego, które:

- realizują plany energetyczno-klimatyczne kraju;
- potrzebują przeprowadzić świadomą termomodernizację szkół;
- posiadają wysoko energochłonne budynki;

- chcą doprowadzić budynki szkolne do standardu energetycznego „pasywnego” lub „prawie zeroemisyjnego”.

Beneficjentami programu jest również społeczność szkolna – uczniowie, nauczyciele, personel. Dzięki przeprowadzonej kompleksowej termomodernizacji polepszają się warunki nauczania, natomiast znacznie obniżają się koszty ogólne ponoszone przez szkołę.

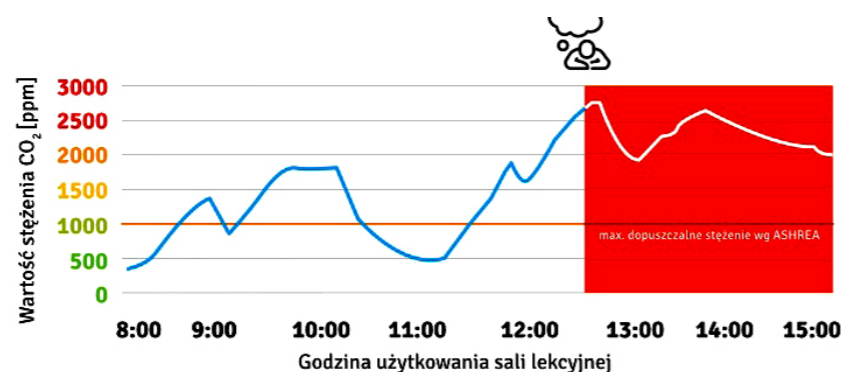
W ten sposób zaoszczędzone środki mogą zostać wykorzystane na zakup pomocy dydaktycznych lub inne przedsięwzięcia. Pośrednimi beneficjentami będą mieszkańcy miasta zamieszkujący teren, na którym znajduje się szkoła. Najważniejszą dla nich korzyścią wynikającą z realizacji programu będzie czystsze powietrze. Stań się więc częścią ODS, bo przemawiają za tym bezpośrednie rezultaty projektu.

Jeśli szkoła:

- a. nie ma wystarczających środków finansowych na modernizację budynku;
- b. nie wie co wybrać: podstawową czy kompleksową termomodernizację;
- c. chciałyby zdobyć oszczędności i przełożyć je na inne działania;
- d. chciałyby wzmocnić prestiż i poprawić wizerunek szkoły;
- e. chciałyby poprawić bezpieczeństwo i komfort przebywania w szkole;
- f. nie ma wystarczających zasobów ludzkich i czasu do realizacji inwestycji;
- g. uważa, że procedury są długotrwałe i skomplikowane;
- h. ma wizje, ale nie ma koncepcji;
- i. ma brak wiedzy na temat korzyści (finansowych, zdrowotnych, inwestycyjnych, wzrostu wartości nieruchomości, komfortu płynącego z mądrej termomodernizacji);

Duszno, coraz duszniej... Rosnące stężenie dwutlenku węgla w klasie zagraża sprawności intelektualnej

Poziom stężenia dwutlenku węgla ma olbrzymi wpływ na zdrowie, samopoczucie i koncentrację. Badania wykazały, że w takich salach od godziny 12:30 zdolność dzieci do przyswajania wiedzy zmniejsza się.



Stężenie dwutlenku węgla w klasie lekcyjnej w Zespole Szkół Ponadgimnazjalnych nr 1 w Końskich – stan przed termomodernizacją, Styczeń 2016.

- j. ma brak wiedzy na temat możliwych rozwiązań technologicznych;
 - k. ma brak świadomości wpływu na środowisko m.in. problem jakości powietrza;
 - l. uznaje, że to jest niska waga problemu w porównaniu do innych działań szkoły;
 - ł. nie wie jaki jest okres zwrotu za inwestycję;
 - m. nie jest fachowcem w zakresie budownictwa;
 - n. nie ma czasu, ale ma chęci...
- ...to zachęcamy do skorzystania z Programu ODS.

Zalety programu ODS

Naszym zdaniem program ODS jest najlepszym dostępnym rozwiązaniem na rynku pod kątem kompleksowej obsługi i termo oraz energo pakietów. Dlatego warto skorzystać z BOXÓW KORZYŚCI: społecznego, ekologicznego, ekonomicznego.

Program oferuje szereg możliwości:

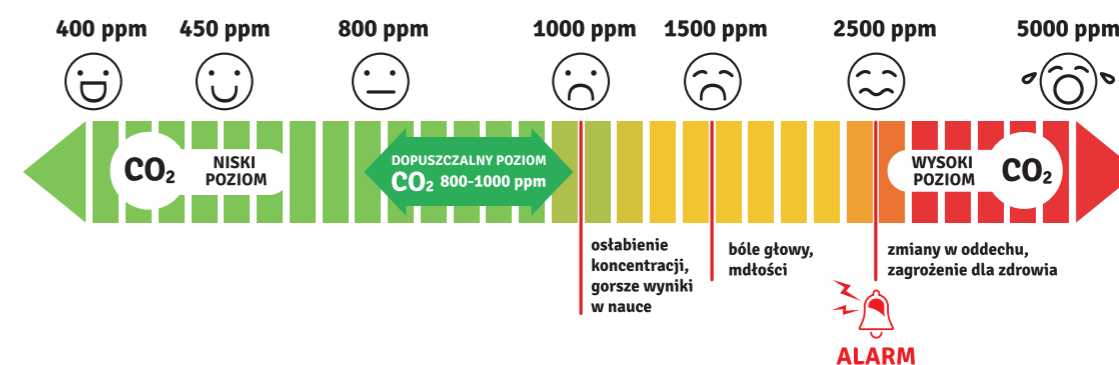
nr 1: prace ogólnobudowlane:

- docieplenie przegród budowlanych (ściany, fundamenty, stropy etc.) wełną, styropianem itp.;
- wymiana stolarki okienneo-drzwiowej;
- prace ogólnobudowlane i remontowe (potencjalne przebudowy, remonty itp.).

nr 2: instalacje sanitarne

- wymiana/optimalizacja źródła CWU ((na wysokosprawne źródła ciepła, w tym: pompy ciepła, układy trójgeneracyjne FraGATA, czyli gazowy agregat trójgeneracyjny itd.);

Duszno, coraz duszniej... Rosnące stężenie dwutlenku węgla w klasie zagraża sprawności intelektualnej



- wymiana/optimalizacja źródła CO (na wysokosprawne źródła ciepła, w tym: pompy ciepła, układy trójgeneracyjne FraGATA; wymiana i regulacja instalacji: zawory termostatyczne, grzejniki, maty kapilarne, ogrzewanie powietrzne itd.);
- wymiana/bardziej implementacja źródła chłodu (pompy ciepła, FraGATA, systemy sterowania klimatem itd.);
- wymiana/implementacja wysokosprawnej wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (itd.);
- implementacja systemów wytwarzających energię elektryczną (np. ogniwa PV, agregaty trigeneracyjne – FraGATA).

nr 3: automatyka budynkowa i instalacje elektryczne

- implementacja systemów zarządzania mediami w obiekcie;
- zmiana/modernizacja oświetlenia;
- implementacja czujników/mierników komfortu (temperatura, wilgotność, ppm CO₂, ppm SMOG etc.), które będą nadawały priorytety pracy globalnej automatyce;
- zdalny serwis i zarządzanie/utrzymanie obiektu;
- automatyka predykcyjna, która uczy się obiektu i zapotrzebowania z możliwością spięcia obiektów w grupy obiektów (SMART CITY):
 - modernizacja systemu wentylacji;
 - modernizacja oświetlenia wbudowanego na w technologii LED;
 - docieplenie ścian zewnętrznych i dachów;
 - docieplenie stropodachów;
 - wymianę stolarki okiennej i drzwiowej;
 - rozwiązanie hybrydowe z instalacją fotowoltaiczną;
 - usługi doradcze i konsultacyjne.

Pakiety są dostosowywane w zależności od potrzeb obiektu i warunków lokalnych. W ramach programu ODS możliwe jest uzyskanie dofinansowania do termomodernizacji budynków użyteczności publicznej, ochrony środowiska i promowania odnawialnych źródeł energii.

Oddech dla szkół – potrójna korzyść

1. Ekonomia w praktyce

- wpływ na obniżenie kosztów eksploatacyjnych przez odzysk energii;
- odporność na wzrosty cen energii;
- zmniejszenie obciążenia budżetu gmin;
- rzadsze serwisy instalacji;

2. Ekologia lokalnie

- odzysk energii cieplnej;
 - redukcja zanieczyszczeń;
 - utrzymanie bezpiecznego stężenia CO₂.
3. Zdrowie każdego dnia
- ochrona uczniów i nauczycieli
 - przed zanieczyszczeniami powietrza;
 - poprawa warunków bytowych;
 - poprawa koncentracji dzieci;
 - polepszenie komfortu nauczania;
 - zwiększenie bezpieczeństwa;
 - przeciwpożarowego.

ODS w kilku krokach:

1. Audyt remontowo-budowlany.
 2. Projektowanie skutecznego rozwiązania.
 3. Przygotowanie wniosków o dofinansowanie z funduszy celowych.
 4. Pozyskanie wsparcia finansowego, nawet do 100%.
 5. Realizacja projektu.
 6. Monitoring i rozliczenie.
 7. Redukcja kosztów eksploatacyjnych i zdecydowana poprawa jakości powietrza.
 8. Podniesienie prestiżu szkoły i gminy w zakresie ochrony środowiska w regionie.
- Dołącz do innych szkół, które zaFrapowały się już ODDECHEM i stań się częścią projektu.

* * *

Możesz na bieżąco śledzić parametry powietrza w klasach. Zobacz aplikację zintegrowaną z naszą stroną internetową na przykładzie referencyjnej szkoły w Warszawie.

www.frapol.com.pl/oddech-dla-szkol

PRZYKŁADOWE REFERENCJE



Mareckie centrum Edukacyjno-Rekreacyjne



Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych w Końskich



Kampus Wielicki

Frapol Sp. z o.o.
ul. Mierzeja Wiślana 8, 30-832 Kraków
tel. +48 665 100 155
e-mail: oddech@frapol.com.pl
www.frapol.com.pl



Wentylacja budynków edukacyjnych – problemy z jakością powietrza wewnętrznego

Każdego roku we wrześniu do intensywnej pracy ruszają zastępy przedszkolaków, uczniów i nauczycieli. Wszyscy oni powinni mieć zapewnione odpowiednie warunki pracy, nauki, zabawy i rozwoju – a jednym z podstawowych wskazań higienicznych jest odpowiednia jakość powietrza w salach i klasach. Tymczasem jej zapewnienie to ogromne wyzwanie.

Jakość powietrza w placówkach edukacyjnych rozpatrywana jest dziś głównie przez pryzmat smogu i jego wpływu na skład powietrza w pomieszczeniach. Łatwiej przekonać gminy czy samych dyrektorów do wyposażania placówek edukacyjnych w oczyszczacze powietrza niż do inwestycji w skuteczny system wentylacji, który zapewnia nie tylko filtrację zanieczyszczeń pyłowych ($PM_{2,5}$), ale i utrzymanie takich parametrów, jak temperatura, wilgotność czy prędkość powietrza oraz zachowanie powietrza o odpowiednio niskim stężeniu: dwutlenku węgla, pyłów powodowanych przez prace szkolne i zanieczyszczeń mikrobiologicznych czy chemicznych pochodzących z elementów wyposażenia wnętrza.



Zbyt wysoka temperatura powoduje szybkie zmęczenie, dekoncentrację i wzrost ryzyka zachorowań (przegrzewanie), zbyt niska także zwiększa podatność na choroby – jeśli dyrektor nie może zapewnić w pomieszczeniach temperatury co najmniej $18^{\circ}C$, ma prawo odwołać zajęcia. Za wysoka wilgotność powoduje uczucie „duszności” i stwarza warunki do rozwoju grzybów pleśniowych, a za niska wpływa na dolegliwości nosa, gardła i oczu. Zbyt duża prędkość powietrza w pomieszczeniu powoduje przeciągi, a przy za małej powietrze nie jest skutecznie rozprowadzane po pomieszczeniu.

Jak wynika z badań prowadzonych w ostatnich latach w ramach projektu InAirQ (polskimi partnerami są Instytut Medycyny Pracy w Łodzi i Urząd Marszałkowski Woj. Łódzkiego) [4], w klasach szkolnych stężenie lotnych związków organicznych (toluen, etylobenzen, ksyleny, monoterpiny – α -pinen z produktów drewnianych lub aromatyzowanych, limonenu ze środków do czyszczenia podłóg) jest wyższe niż na zewnątrz. Podobnie stężenie masowe $PM_{2,5}$ było w salach lekcyjnych wyższe niż na zewnątrz i zwykle przekraczało dopuszczalną przez Komisję Europejską średnią wartość roczną (25 g/m^3) dla sezonu zimowego. Natomiast nadmierna (ponad 1000 ppm) zawartość CO_2 w powietrzu powoduje uczucie duszności i zmęczenia i wpływa negatywnie na zdolności percepcyjne dzieci i młodzieży.

Wymagania i zalecenia dla poziomu CO_2

Ze względów zdrowotnych zawartość dwutlenku węgla w pomieszczeniu powinna być zbliżona do tej w powietrzu zewnętrznym, gdzie wynosi 370–400 ppm [1], w zależności od rodzaju terenu (dla miast i terenów przemysłowych stężenie to jest większe). Jednocześnie nie powinna przekraczać 1000 ppm, czyli tzw. liczby Pettenkoffera (badacz ten już 100 lat temu uznał zawartość CO_2 za wskaźnik jakości powietrza), ponieważ powyżej tej wartości wyraźnie pogarsza się samopoczucie i obniża zdolność koncentracji oraz produktywność.

1000 ppm jako wartość graniczna figuruje m.in. w rekomendacjach amerykańskiego stowarzyszenia inżynierów ogrzewnictwa, chłodnictwa i klimatyzacji. Niemiecka norma DIN 1946-Teil 2 za chwilową wartość maksymalną w aspekcie higienicznym uważa 0,15% (1500 ppm).

Maksymalne stężenie CO_2 w pomieszczeniach, które powinno być podstawą do projektowania systemów wentylacji w placówkach edukacyjnych, zawiera norma PN-EN 15251:2012 [7] – **tabela**.

Centralna Inspekcja Ochrony Pracy prowadziła w 2008 roku badania jakości powietrza w szkołach [8]. Stężenia CO_2 wynosiły od 0,5 do 1,5 zalecanej wartości, przy czym wartość zalecana przekroczona została w połowie badanych pomieszczeń (maksymalne stężenie wyniosło ok. 1800 ppm). W większości pomieszczeń placówek oświatowych, gdzie dzieci i młodzież uczą się i bawią (klasy, pracownie, świetlice, sale przedszkolne), stosowana jest jedynie wentylacja naturalna – dobrze, jeśli „aktywna”, czyli

Tabela. Zalecane maksymalne stężenie CO₂ w powietrzu pomieszczenia ponad poziom na zewnątrz budynku dla obliczeń bilansów energii i regulacji instalacji wentylacyjnej (według PN-EN 15251:2012)

Kategoria budynku lub pomieszczeń		Stężenie CO ₂ [ppm]
I	Warunki na wysokim poziomie – kategoria zalecana dla przestrzeni, w których przebywać będą osoby bardzo wrażliwe na warunki środowiska i mało odporne na wystąpienie dyskomfortu (osoby niepełnosprawne, chorzy, niemowlęta, ludzie w podeszłym wieku itp.)	350
II	Poziom normalny – kategoria zalecana dla budynków nowo wznoszonych lub remontowanych	500
III	Warunki na średnim, ale jeszcze akceptowalnym poziomie oczekiwań – kategoria może być przyjmowana dla istniejących budynków	800
IV	Wtedy, gdy warunki nie spełniają kryteriów kategorii od I do III; takie odstępstwo może być akceptowane jedynie wówczas, kiedy będzie występować w ciągu roku tylko w ograniczonych okresach czasu	> 800

wspierana przez nauczycieli nieobawiających się otwierania okien. Jak jednak wskazuje badacz z Politechniki Opolskiej [14], okresowe przewietrzanie sal lekcyjnych (szczególnie przy szeroko otwartych oknach i drzwiach lub jedynie szeroko otwartych oknach) poprawia skuteczność wentylacji w szkołach. To proste rozwiązanie ma zasadniczą wadę – jego efekt jest krótkotrwały. Po nawet skutecznym przewietrzeniu podczas 10-minutowej przerwy efekt znika po 10–15 minutach od rozpoczęcia zajęć z 25–30 uczniami.

Jak wskazują badania szkół, żłobków i przedszkoli prowadzone kilka lat temu pod auspicjami Komisji Europejskiej w ramach projektu SINPHONIE w 25 krajach europejskich (także w Polsce) [13], rodzaj systemu wentylacyjno-klimatyzacyjnego wpływa na wyniki osiągane przez uczniów w testach matematycznych i logicznych przeprowadzanych o różnych porach dnia. Wśród licznych wniosków wpływających z tych badań na szczególną uwagę zasługują dwa. Otóż w pomieszczeniach z wentylacją mechaniczną uczniowie osiągają dobre wyniki testów logicznych niezależnie od pory dnia. W pomieszczeniach z systemami wentylacyjnymi, w których okna otwierane są rzadziej niż trzy razy dziennie, wyniki testów logicznych są złe. W pomieszczeniach tych wpływ pory dnia na wyniki jest wyraźnie większy niż w przypadku innych systemów. Wiedza ta nie znajduje odzwierciedlenia w polskich wymaganiach prawnych dla systemów wentylacji żłobków, przedszkoli i szkół – są one szczerkowane i ogólne.

Ogólne wymagania dla wentylacji

Zgodnie z § 2 rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej [11] przy tworzeniu punktu przedszkolnego lub zespołu wychowania przedszkolnego konieczne są pozytywne opinie właściwego państwowego inspektora sanitarnego i straży pożarnej. Warunek dla wentylacji jest następujący:

zapewniona możliwość otwierania w pomieszczeniu co najmniej 50% powierzchni okien przy stosowaniu wentylacji grawitacyjnej.

Ustawa o systemie oświaty [15] zobowiązuje dyrektorów placówek dydaktyczno-edukacyjnych do zapewnienia *bezpiecznych i higienicznych warunków pobytu w szkole*. Akt wykonawczy do tej ustawy, tj. rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej i Sportu dotyczące BHP w szkołach [10], stanowi (w § 9 ust. 1), że w pomieszczeniach szkoły należy zapewnić *właściwą wentylację*. Wentylacja i klimatyzacja, zgodnie z § 147 ust. 1 Warunków Technicznych [12], powinny zapewniać *odpowiednią jakość środowiska wewnętrznego*.

Wymagania dla strumienia objętości powietrza wentylacyjnego

„Odpowiednia jakość środowiska wewnętrznego” jest ściśle powiązana ze strumieniem objętości powietrza wentylacyjnego. Jak wynika z badań przeprowadzonych przez badaczy z Politechniki Świętokrzyskiej w jednym z kieleckich przedszkoli z wentylacją grawitacyjną [2], zwiększenie strumienia powietrza zewnętrznego wpływało na poprawę jakości powietrza wewnętrznego w budynku. Większy strumień powietrza zewnętrznego przyczyniał się zarówno do redukcji stężenia dwutlenku węgla, jak i obniżenia stężenia zarodników grzybów pleśniowych. Jednak dla wentylacji grawitacyjnej zwiększanie strumienia powietrza wentylacyjnego powodowało albo obniżenie temperatury do nieakceptowalnego poziomu, albo zwiększenie nakładów na ogrzewanie pomieszczeń. Połączenie skutecznej wymiany powietrza, komfortu cieplnego i rozsądnych kosztów eksploatacji wymagałoby więc zastosowania systemu wentylacji mechanicznej. Zgodnie z § 148.1 WT [12]: *Wentylację mechaniczną wywiewną lub nawiewno-wywiewną należy stosować w budynkach wysokich i wysokościowych oraz w innych budynkach, w których zapewnienie odpowiedniej jakości środowiska wewnętrznego nie jest możliwe za pomocą wentylacji grawitacyjnej*.

Strumień powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach edukacyjnych powinien zatem spełniać co najmniej wymagania normy PN-B-03430:1983 [5], która w zakresie przewidzianym dla budynków użyteczności publicznej podaje następujące wartości strumienia objętości powietrza wentylacyjnego:

- w pomieszczeniach przeznaczonych na stały i czasowy pobyt ludzi [w tej kategorii z pewnością znajdują się sale lekcyjne – przyp. aut.] – 20 m³/h dla każdej przebywającej osoby, a w przypadku żłobków i przedszkoli 15 m³/h dla każdego dziecka;
- w pomieszczeniach klimatyzowanych oraz wentylowanych, o nieotwieranych oknach – 30 m³/h dla każdej przebywającej osoby;
- w pomieszczeniach, w których występują czynniki szkodliwe dla zdrowia [w przypadku szkół będzie to np. pracownia chemiczna] – indywidualny projekt systemu wentylacyjnego.

Salę lekcyjną, świetlice czy salę przedszkolną mają jednak swoją specyfikę. Standardowo przez kilka-kilkanaście godzin dziennie są zajęte przez 20–35 osób o wysokiej wrażliwości na jakość środowiska zewnętrznego (choć w okresach zwiększonej absencji chorobowej liczba ta może być niższa), a w pozostałym czasie pomieszczenia te pozostają puste. Adekwatny projekt wentylacji w placówkach edukacyjnych powinien być oparty na wskazaniach zawartości dwutlenku węgla (CO₂) w pomieszczeniach.

Dwutlenek węgla jako czynnik regulacji wentylacji

CO₂ jest doskonałym wskaźnikiem obecności osób w pomieszczeniu (podczas pracy umysłowej człowiek emituje, głównie w wydychanym powietrzu, ok. 23 l CO₂/h). Jego zawartość w powietrzu powinna więc być monitorowana i stanowić podstawę pracy instalacji wentylacyjnej. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu odpowiednich czujników z kontrolerami. Selektywne kontrolery dwutlenku węgla umożliwiają automatyczne sterowanie wentylacją. W zależności od stężenia CO₂ można dostosować pracę instalacji wentylacyjnej do rzeczywistej liczby osób w pomieszczeniu – tak, by zachować równowagę między komfortem uczniów a ekonomiczną pracą instalacji.

Niestety, wentylację mechaniczną sterowaną stężeniem CO₂ w Polsce spotyka się rzadko. Występuje najczęściej w tzw. szkołach energooszczędnych – w Polsce najwięcej takich placówek powstało po 2015 roku, dzięki dofinansowaniu z programu LEMUR – Energooszczędne Budynki Użyteczności Publicznej NFOŚiGW. Jednym z warunków uzyskania dotacji było spełnienie szeregu wymogów technicznych, wśród nich wyposażenie instalacji wentylacyjnej w układ automatyki regulacyjnej umożliwiający dostosowanie wydajności do aktualnych potrzeb.

Wysoką skuteczność wentylacji uzyskuje się, stosując polecane dla szkół systemy zdecentralizowane – wówczas indywidualne ustawienie i dotrzymywanie parametrów powietrza w każdej sali odbywa się szybko i w sposób nieodczuwalny dla użytkowników.

Systemy zdecentralizowane

Autonomiczne (indywidualne, zdecentralizowane) rozwiązania wentylacyjne pozwalają nie tylko zachować komfort w każdej sali, mogą też być instalowane etapowo (np. szkoła może stopniowo wyposażać po kilka sal rocznie), a dodatkowo nie wymagają poważnych prac budowlanych. Z punktu widzenia dyrektora szkoły jest to rozwiązanie bardziej atrakcyjne, bo mniej obciążające szkolny budżet. Zdecentralizowane systemy wentylacyjne powinny spełniać wymagania normy PN-EN 13779:2007 [6].

Najczęściej spotykanym rozwiązaniem są indywidualne centrale wentylacyjne montowane bezpośrednio w pomieszczeniu, z króćcami podłączonymi bezpośrednio do czerpni i wyrzutni. Centrala

taka ma charakter „Plug&Play”, co ułatwia montaż i skraca potrzebny na niego czas. Wstępnie przygotowane powietrze nawiewane jest wyporowo, z wykorzystaniem procesu konwekcji na poziomie podłogi – strumień powietrza regulowany jest przez wskazania czujnika CO₂. Dysze nawiewne nadają strudze powietrza odpowiednio małą prędkość (poniżej 3 m/s) – dzięki temu powietrze w sposób nieodczuwalny przepływa przez pomieszczenie, nagrzewa się od obecnych tam osób, po czym wypływa przez kratkę wyciągową umieszczoną w górnej części urządzenia. Urządzenie wyposażone jest w system odzysku ciepła (rekuperator), wentylatory z silnikami energooszczędnymi (standardem stają się silniki EC) oraz tłumiki na wywiewie i nawiewie. Przykładem zastosowania takiego rozwiązania jest szkoła w Jabłonie/Chotomowie (woj. mazowieckie), gdzie postawiono na autonomiczne (zdecentralizowane) centrale rekuperacyjne dla każdego pomieszczenia. Są one wyposażone w miedziane wymienniki do efektywnego odzysku ciepła oraz czujniki stale monitorujące zawartość CO₂ i wilgotności – dzięki temu praca wentylacji elastycznie dopasowuje się do chwilowych potrzeb (np. nieobecności dzieci w klasie podczas przerwy i ich powrotu na kolejną lekcję).

Producenci proponują także urządzenia wentylacyjne fasadowe, montowane na ścianie zewnętrznej pod parapetem. Dzięki samonośnej konstrukcji rozwiązania i jego kompaktowym rozmiarom jest chętnie wybierane do montażu w pomieszczeniach modernizowanych – ingerencja w konstrukcję budynku ogranicza się do przygotowania otworów pod czerpnię i wyrzutnię. Na energooszczędność urządzenia składają się odpowiednie wentylatory (zgodnie z PN-EN 13779: SFP = 1) oraz krzyżowy wymiennik ciepła. Regulacja oparta na wskazaniach czujnika CO₂ czy indywidualne ustawienie temperatury w pomieszczeniu dostępne są dla tego systemu opcjonalnie. Rolą systemu fasadowego może być także grzanie i chłodzenie, co czyni go szczególnie przydatnym w przypadku adaptacji pomieszczenia na szkolne.

Dla mniejszych pomieszczeń ciekawym rozwiązaniem mogą być jednorurorowe rekuperatory wewnątrzścienne z wymiennikiem ceramicznym (producenci podają, że sprawność odzysku ciepła wynosi w tym wypadku do 90%). Wentylator z silnikiem EC pracuje naprzemiennie jako nawiewny i wyciągowy, zapewniając kilka prędkości pracy, co zależy od wielkości pomieszczenia i potrzeb użytkowników. Rura teleskopowa pozwala stosować urządzenie w ścianie o dowolnej grubości.

Godnym uwagi podejściem jest także włączenie systemu wentylacyjnego w system zarządzania instalacjami budynkowymi. W szkole w Żukowie (gmina Sławno, woj. zachodniopomorskie) każde pomieszczenie ma własny system sterowania klimatem oparty na protokole KNX. Sterowaniu podlega praca systemu grzewczo-chłodzącego, wentylacyjnego i żaluzji fasadowych. Podstawą sterowania jest harmonogram zajęć (w zależności od niego wybierany jest odpowiedni tryb pracy), a jednocześnie instalacje dostosowują swoją pracę do warunków atmosferycznych czy zmiany warunków w klasie (w tym otwarcia drzwi lub okien).

Podsumowanie

Jednak nawet rozwiązania przyjazne budżetowi są przez wielu dyrektorów szkół traktowane jako na tyle znaczące obciążenie finansowe, że prawidłowa wentylacja budynku odsuwana jest na dalszy plan. Dyrektorzy często też nie są świadomi wagi problemu. Tymczasem i nauczyciele, i dzieci w szkole czy przedszkolu intensywnie pracują – niesłuszne wydaje się utrudnianie im tego, i tak niełatwego zadania. Nic dziwnego, że już w 2010 roku Centralny Instytut Ochrony Pracy wskazywał, że wentylacja lub klimatyzacja pomieszczeń w budynkach szkół powinna być tak zorganizowana, aby spełniała wszystkie wymagania przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [9].

Joanna Ryńska

Literatura

1. Kaiser Krzysztof, *Wentylacja szkolnych sal gimnastycznych*, „Rynek Instalacyjny” nr 5/2018, s. 62–66.
2. Koruba Dorota, Zender-Świercz Ewa, Piotrowski Jerzy Z., Orman Łukasz, Telejko Marek, *Próba poprawy jakości powietrza wewnętrznego w przedszkolu*, „Budownictwo i Architektura” nr 13(4), 2014, s. 7–13
3. Materiały firm: ActivTec, Gazex, Rosenberg, Trox.
4. Newsletter nr 4 INAIRO – Projektu Ponadnarodowe Planowanie Działań dla Zintegrowanego Zarządzania Jakością Powietrza, Łódź, wrzesień 2018 (dostęp: 19.08.2019).
5. PN-B-03430:1983 (wraz z późniejszą zmianą Az3:2000) *Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*.
6. PN-EN 13779:2007 *Wentylacja budynków niemieszkalnych. Wymagane właściwości systemów*.
7. PN-EN 15251:2012 *Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę*.
8. Pośniak Małgorzata, Jankowska Elżbieta, Kowalska Joanna, Gołofit-Szymczak Małgorzata, Jankowski Tomasz, *Kształtowanie jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych*. Centralny Instytut Ochrony Pracy Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2010.
9. Pośniak Małgorzata, Jankowska Elżbieta, Kowalska Joanna, *Subiektywna ocena jakości powietrza w pomieszczeniach budynków szkół*, [w:] „Materiały seminaryjne. Zagrożenia zdrowotne w środowisku pracy”, Abstrakt 26, PTHP, Łódź 2009.
10. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej 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).
11. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 31 sierpnia 2010 r. w sprawie rodzajów innych form wychowania przedszkolnego, warunków tworzenia i organizowania tych form oraz sposobu ich działania (DzU 2010, nr 161, poz. 1080, z późn. zm.).
12. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2017, poz. 1422, z późn. zm.).
13. *Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe – Final Report*, Unia Europejska, 2014, <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/sinphonie-schools-indoor-pollution-and-health-observatory-network-europe-final-report> (dostęp: 19.08.2019).
14. Szmolke Norbert, *Audytorskie spojrzenie na wentylację szkół*, „Journal Of Civil Engineering, Environment and Architecture – JCEEA”, t. XXXII, z. 62 (2/15), kwiecień-czerwiec 2015, s. 459–467.
15. Ustawa z dnia 7 września 1991 r. o systemie oświaty (DzU 2017, poz. 2198, 2203 i 2361).
16. Urasiński Michał, *Praktyczne aspekty zapewniania odpowiedniej jakości powietrza w budynkach szkolnych*, „Rynek Instalacyjny” 1–2/2019, s. 40–46.

WENTYLACJA ROSENBERG DLA SZKÓŁ - świeże powietrze od Algebry po Zajęcia dodatkowe



Rosenberg Klima Polska sp. z o.o.

ul. Sękocińska 38, Wolica k. Warszawy
05-830 Nadarzyn

Tel.: (+48) 22 720 67 73 lub 74
Faks: (+48) 22 720 67 75

biuro@rosenberg.pl
www.rosenberg.pl

Głęboki oddech - aktywna nauka

System Schulbox 750 H zapewnia komfortową wentylację sal lekcyjnych, bez przeciągów i z równomiernie rozdzielonym przepływem powietrza.

Schulbox 750 H - rozwiązanie wentylacyjne dla potrzeb szkolnych

Z przemyślanej koncepcji wentylacji opracowanej dla przedszkoli, szkół i uczelni, w równej mierze korzystają uczniowie i nauczyciele. Centrala wentylacyjna Rosenberg Schulbox 750 H cechuje się prostym przepływem powietrza i efektywnym rozdziałem na całą salę lekcyjną. W ten sposób do każdego ucznia dociera świeże i czyste powietrze.

Kompaktowa centrala wentylacyjna znakomicie nadaje się do łatwej, zdecentralizowanej modernizacji sal lekcyjnych i wykładowych. Odpowiednia dla potrzeb regulacja, z użyciem czujnika CO₂, zapewnia optymalny komfort nauki, podwyższa predyspozycje uczniów do przyswajania wiedzy i ich gotowość do nauki, jak również znakomitą higienę powietrza w pomieszczeniu.

Centrala wentylacyjna Schulbox 750 H, wyposażona została w wysokiej klasy wentylatory z silnikami EC (komutowanymi elektronicznie). Charakteryzuje się wysokim odzyskiem ciepła oraz optymalnymi wymiarami obudowy. Umożliwia to oszczędność znacznych ilości energii i kosztów związanych z ogrzewaniem.

„Gęste powietrze“ w szkołach

Studium prowadzone w ramach programu PISA w coraz większym stopniu kieruje uwagę opinii publicznej na temat szkoły i wyniki osiągnięte w nauce. Od czasu rozpoczęcia przedsięwzięcia na cenzurowanym znalazły się również warunki nauki i nauczania. Prawdą jest, że w wielu szkołach są one niestety nieodpowiednie. Częścią tego problemu jest niska jakość powietrza. W większości klas wymiana powietrza odbywa się wyłącznie przez okna - ale tylko wtedy, gdy są otwarte. Gdy są zamknięte gwałtownie wzrasta zawartość CO₂. Hałas lub niska temperatura na zewnątrz oraz pojawiające się przeciągi, komplikują ten sposób wymiany powietrza. Problemem takiej wentylacji zimą jest fakt, że wraz z powietrzem usuwane jest na zewnątrz cenne ciepło. Po wietrzeniu pomieszczenie musi być ponownie nagrzewane.

Badania naukowe wskazują, że na zdolność uczniów do nauki i koncentracji niekorzystnie wpływa stężenie dwutlenku węgla powyżej 1000 ppm. Współpraca uczniów podczas zajęć z zachowaniem koncentracji jest wówczas możliwa tylko w ograniczonym zakresie. Wraz ze wzrostem CO₂ nasila się też zmęczenie i bóle głowy.



Zmęczenie i bóle głowy są często wynikiem wysokiego poziomu CO₂.

Aktywną współpracę uczniów można poprawić

Odpowiedni system wentylacji pozwala skutecznie przeciwdziałać zbyt wysokiemu stężeniu CO₂. Wspomagająca wentylacja mechaniczna znacząco poprawia jakość powietrza. Zoptymalizowany do sal lekcyjnych i pomieszczeń seminaryjnych Schulbox 750 H, dzięki swojej maksymalnej wydajności powietrza wynoszącej 750 m³/h i minimalnemu poziomowi hałasu zaledwie 35 dB(A) (poziom ciśnienia akustycznego w odległości 1m), spełnia wszystkie wymagane przepisy.

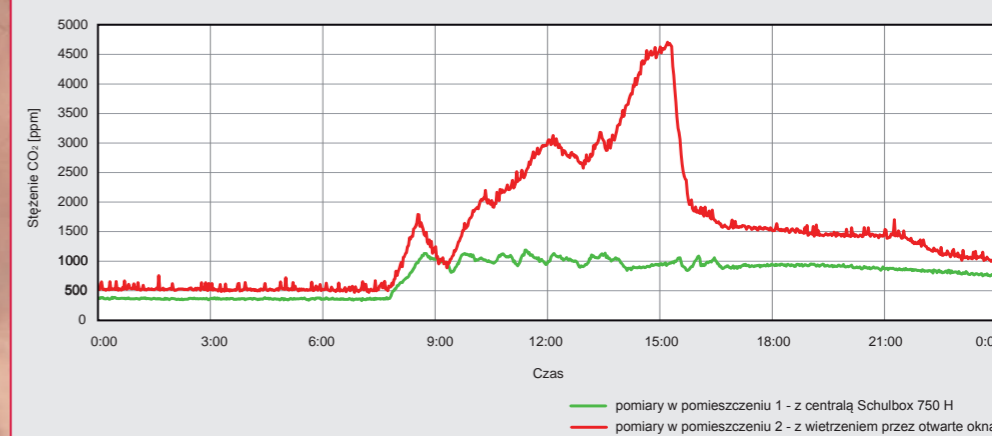


Wysoka jakość powietrza zwiększa gotowość do nauki i koncentrację.

Testowany w warunkach rzeczywistych

Pomiarów dokonano w dwóch identycznych klasach, w szkole, w rzeczywistych warunkach. W jednej klasie z centralą Schulbox, w drugiej bez niej. W sali bez centrali Schulbox poziom stężenia CO₂ po upływie krótkiego czasu przekroczył poziom 1000 ppm. Bez powtórnego wietrzenia i związanej z nim utraty ciepła, stężenie CO₂ nadal wzrastało. W sali z centralą Schulbox poziom CO₂ utrzymywał się na jednakowym poziomie, nie przekraczając granicy 1000 ppm. Wietrzenie przy pomocy okien nie było konieczne. Tym samym cenne ciepło nie zostało utracone i energia cieplna została zaoszczędzona.

Stężenie CO₂ w klasie lekcyjnej / zapis 24 godzin w warunkach rzeczywistych



Projektowanie systemów wentylacji i klimatyzacji a wilgotność powietrza i jej wpływ na zdrowie oraz komfort

Jakość powietrza wewnętrznego ma ogromne znaczenie dla komfortu i zdrowia, gdyż blisko 90% czasu wielu ludzi spędza w pomieszczeniach. Jednym z istotnych parametrów powietrza wewnętrznego jest wilgotność. Wpływa na komfort, ale też zdrowie osób przebywających w budynkach. Wilgotność jest też bardzo ważnym parametrem powietrza wewnętrznego w obiektach służby zdrowia, gdyż ma wpływ na zdolność przetrwania i rozprzestrzenianie się grzybów, bakterii czy wirusów.

Wilgotność względna (oznaczana jako RH – *Relative Humidity*) jest jednym ze wskaźników jakości środowiska wewnętrznego i parametrów komfortu cieplnego. Ma też wpływ na ogólne samopoczucie i zdrowie: zbyt niska powoduje wysuszenie oczu i błon śluzowych, zwiększone ryzyko infekcji dróg oddechowych, astmy i alergii oraz wzrost liczby ładunków elektrostatycznych w powietrzu, zbyt wysoka – większe narażenie na grypę i ryzyko chorób reumatycznych, zwiększoną emisję lotnych związków organicznych z materiałów budowlanych oraz rozwój grzybów pleśniowych ze wszystkimi tego następstwami [11]. Wymagania prawne i normowe, a także zalecenia środowisk naukowych, branżowych i medycznych zmiernają do wskazania optimum wilgotności względnej, która zapewni komfort cieplny, dobre samopoczucie i warunki zdrowotne.

Dyskutując o wpływie wilgotności względnej na samopoczucie, komfort i zdrowie człowieka, należy brać pod uwagę, że wpływ wilgotności idzie w parze z parametrami takimi, jak temperatura, prędkość powietrza, ciśnienie czy jakość powietrza pod względem zawartości substancji chemicznych (np. CO₂ czy pył zawieszony) [35].

Wiele badań dotyczących wpływu wilgotności względnej na zachowanie patogenów czy substancji chemicznych ma charakter laboratoryjny, co oznacza, że są tylko pewnym przybliżeniem warunków rzeczywistych.

Wilgotność względna powietrza wewnętrznego w polskich przepisach budowlanych i BHP

Wymagania prawne dotyczące wilgotności względnej w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi mają charakter ogólny – mówią o konieczności zapewnienia właściwej jakości powietrza

(w tym wilgotności) w miejscach pracy w rozporządzeniu dot. BHP [33] oraz stawiają taki ogólny wymóg instalacjom wentylacji i klimatyzacji w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [31], a w sprawie szczegółów kierują do norm dot. wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej [25] oraz dot. parametrów obliczeniowych powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi [26]. Jeden z nielicznych wymogów szczegółowych stanowi, że w pomieszczeniach z monitorami wilgotność względna nie powinna być niższa niż 40% [32].

Rozporządzenie dotyczące BHP w miejscach pracy [33] określa, że:

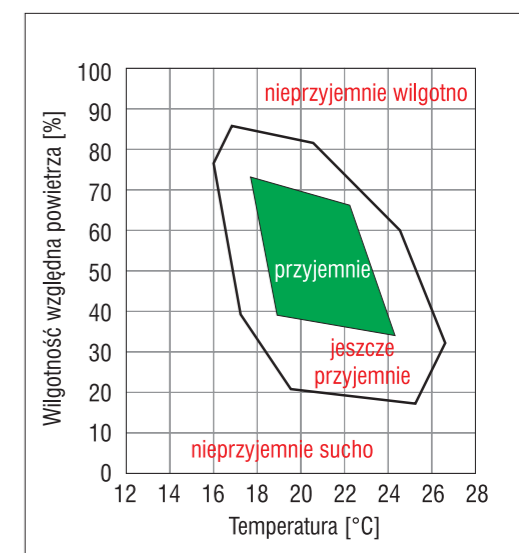
§ 32.1. W pomieszczeniach pracy powinna być zapewniona wymiana powietrza wynikająca z potrzeb użytkowych i funkcji tych pomieszczeń, bilansu ciepła i wilgotności oraz zanieczyszczeń stałych i gazowych [MPIPS].

Z kolei Warunki Techniczne dla budynków [31] stanowią, że:

§ 147.1. Wentylacja i klimatyzacja powinny zapewniać odpowiednią jakość środowiska wewnętrznego, w tym wielkość wymiany powietrza, jego czystość, temperaturę, wilgotność względną, prędkość ruchu w pomieszczeniu (...).

§ 149.4. W pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi, wentylowanych w sposób mechaniczny lub klimatyzowanych, wartości temperatury, wilgotności względnej i prędkości ruchu powietrza w pomieszczeniach należy przyjmować do obliczeń zgodnie z Polską Normą dotyczącą parametrów obliczeniowych powietrza wewnętrznego.

W zakresie parametrów powietrza Warunki Techniczne [31] powołują w załączniku normę PN-B-03421 [26] jako realizującą zapisy § 149.4. Choć została ona wycofana przez Polski Komitet Normalizacyjny, to jako norma powołana w rozporządzeniu (czyli obowiązkowa do stosowania we wskazanym w załączniku do rozporządzenia zakresie) jest chętnie stosowana przez projektantów systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych, ale też wskazywana jako punkt odniesienia dla prawidłowych wartości wilgotności. Według tej normy wilgotność względna w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi latem przy niskim i średnim poziomie metabolizmu powinna wynosić 40–55%, a przy wysokim poziomie 40–60%. Taką samą wartość (40–60%) powinna przybierać, niezależnie od ich aktywności, zimą.



Rys. 1. Warunki komfortu w zależności od temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego [34]

Wilgotność względna w wybranych normach i standardach branżowych

Norma PN-B-03421 została zastąpiona normą PN-EN 15251 *Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków* [27], która w 2019 roku także została wycofana przez PKN, a na jej miejsce wprowadzona została norma PN-EN 16798-1:2019-06 dot. parametrów wejściowych środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego (wersja angielska) [28]. Warto jednak przypomnieć – jako przyczynek do rozważań o optymalnej wartości wilgotności względnej w pomieszczeniach na pobyt ludzi – załącznik B normy PN-EN 15251 [27], gdzie podano wartości wilgotności względnej powietrza rekomendowane do przyjmowania w obliczeniach i wymiarowaniu urządzeń do nawilżania i osuszania powietrza w zależności od kategorii pomieszczenia (patrz **tabela 1**).

Tabela 1. Zakres wilgotności względnej w zależności od kategorii jakości środowiska wewnętrznego [27]

Kategoria jakości	Poziom oczekiwań	Zakres wilgotności	
		nawilżanie	osuszanie
I	wysoki poziom oczekiwań, rekomendowany dla przestrzeni zajmowanych przez osoby bardzo wrażliwe pod względem środowiskowym (inwalidzi, osoby chore, bardzo młode oraz w podeszłym wieku)	30%	50%
II	normalny poziom oczekiwań, rekomendowany dla budynków nowych i modernizowanych	25%	60%
III	akceptowalny, umiarkowany poziom oczekiwań, może być stosowany w odniesieniu do budynków istniejących	20%	70%
IV	wartości poza kryteriami dla powyższych kategorii; ta kategoria może być akceptowana jedynie dla ograniczonego czasu użytkowania pomieszczeń		

Tabela 2. Wilgotność względna w obiektach służby zdrowia według standardu 170-2017 ASHRAE [4]

Funkcja pomieszczenia/przestrzeni w obiekcie służby zdrowia	Wymagane zakresy RH [%]
Sala operacyjna, laserowa chirurgia oka, sala porodowa (cięcia cesarskie), gabinet zabiegowy, pokój rehabilitacyjny	20–60
OIOM, oddział intensywnej opieki noworodkowej	30–60
Opieka średniego poziomu, oddział ratunkowy – badania i leczenie, ocena stanu zdrowia rannych, poczekalnia radiologiczna	maks. 60
Oddział ratunkowy – poczekalnia	maks. 65

W normie PN-EN 15251 [27] zalecono też, aby wilgotność bezwzględna była nie wyższa niż 12 g/kg, podobnie jak określono to w standardzie ASHRAE 55-2017 [5], a w przypadku budynków

o specjalnym przeznaczeniu (takich jak np. obiekty historyczne) należy dodatkowo uwzględnić specyfikę funkcji ich pomieszczeń.

Wiele o tym, jakie powinny być wartości wilgotności względnej, mówią też normy i standardy określające wymogi dla jakości powietrza w budynkach służby zdrowia. Wśród norm polskich i międzynarodowych warto zwrócić uwagę na standard 170-2017 amerykańskiej organizacji inżynierskiej ASHRAE [4], który wskazuje wymogi dotyczące wilgotności dla pomieszczeń o różnym przeznaczeniu (**tabela 2**).

Wilgotność względna i czynniki biologiczno-chemiczne w otoczeniu człowieka

Badania nad wpływem wilgotności względnej na biologiczno-chemiczny skład powietrza w pomieszczeniach prowadzone są od kilkadziesiąt lat. W 1985 roku grupa badaczy zebrała wyniki wcześniejszych badań eksperymentalnych i epidemiologicznych [1]. Z zestawienia tych danych wynikało m.in., że:

- zdolność do przetrwania i zjadliwość chorobotwórczych bakterii i wirusów przenoszonych drogą kropelkową jest najniższa przy wilgotności względnej 40–70%,
- odsetek infekcji dróg oddechowych i zwolnień lekarskich jest niższy w miejscach pracy o średniej RH niż w miejscach, gdzie RH jest bardzo niska lub bardzo wysoka,
- wielkość populacji roztoczy spada, gdy $RH < 50\%$, a osiąga maksimum przy $RH = 80\%$,
- większość gatunków grzybów (w tym pleśniowych) nie rośnie w wilgotności względnej poniżej 60%,
- emisja formaldehydu z materiałów budowlanych jest wprost proporcjonalna do RH (poczynając od $RH \approx 30\%$),
- w zbiorczym ujęciu wpływu wilgotności względnej na czynniki biologiczno-chemiczne za strefę optymalną uważa się zakres RH od 40 do 60%.

Wilgotność względna powietrza wewnętrznego a komfort pracy

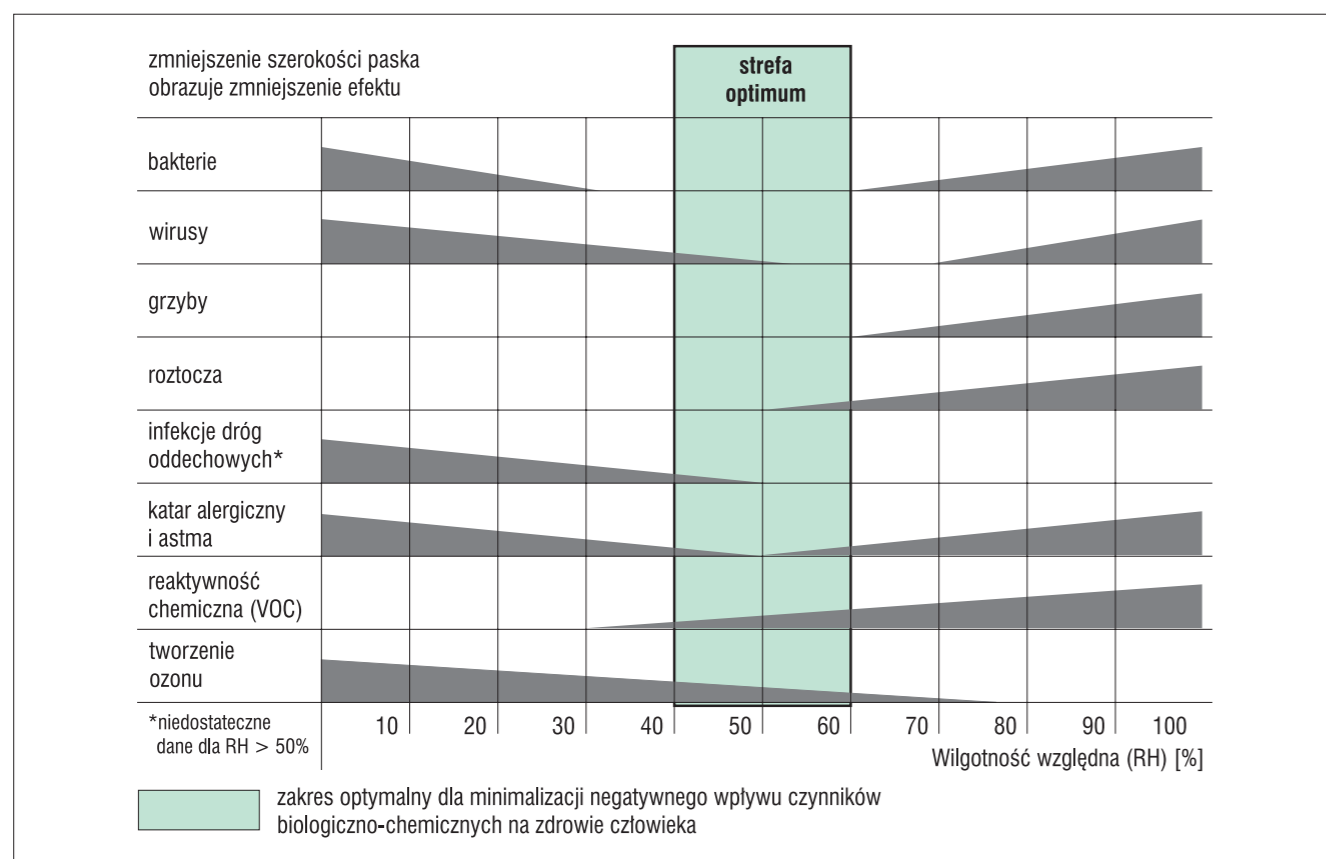
W latach 2013–2014 niemiecki Instytut Ekonomii i Organizacji Pracy (oddział Instytutu Fraunhofera) w Stuttgarcie przeprowadził badania dotyczące oceny różnych aspektów komfortu pracy w biurze w odniesieniu do wilgotności względnej [30]. Stwierdzono, że niedostateczna (poniżej 40%) wilgotność względna przy zwykłej temperaturze pokojowej (19–22°C) negatywnie wpływa na samopoczucie, motywację i produktywność pracowników. Pracownicy w pomieszczeniach bez nawilżaczy

(lub z wyłączonymi nawilżaczami) wskazywali na problemy z podrażnieniem oczu, wysuszeniem błon śluzowych i – w mniejszym stopniu – strunami głosowymi.

Wilgotność powietrza a odporność człowieka

Spadek wilgotności względnej powietrza poniżej 30–40% wiąże się z wysuszeniem i podrażnieniem gałek ocznych i błon śluzowych dróg oddechowych. Poza oczywistym dyskomfortem fizjologiczne zjawisko wysuszania błon śluzowych wiąże się ze spadkiem odporności człowieka na wirusowe infekcje dróg oddechowych. Na powierzchni komórek błon śluzowych znajduje się tzw. glikokaliks – ochronna warstwa złożona z wielocukrów (glikanów), stanowiąca pierwszą barierę przed wnikaniem bakterii i wirusów do organizmu. Warunkiem jego prawidłowej pracy jest odpowiednia wilgotność. Jak wskazują naukowcy z międzynarodowego projektu Human Glycome Project, wilgotność powietrza otoczenia (czyli pomieszczenia, w którym przebywają ludzie) z punktu widzenia prawidłowego funkcjonowania glikanów powinna wynosić ok. 50% w temperaturze pokojowej [15].

W warstwie wielocukrów można też wyodrębnić białka (glikoproteiny) o nazwie mucyny (znajdują się m.in. w ślinie i żółci), których zadaniem jest m.in. wiązanie patogenów wnikających do



Rys. 2. Diagram Scofielda–Sterlinga obrazujący wpływ wilgotności względnej na czynniki biologiczne i chemiczne w otoczeniu człowieka. Wielkość pasków pokazujących zmiany w tych czynnikach jest orientacyjna i nie oddaje konkretnych wartości liczbowych zmian [1, 2]

organizmu. Błona śluzowa wyposażona jest także w rzęski ułatwiające organizmowi walkę z patogenami. Podobnie ich prawidłowe funkcjonowanie uzależnione jest od odpowiedniej wartości wilgotności względnej – badania wskazują, że graniczna wartość wilgotności względnej zapewniająca pełną funkcjonalność błon śluzowych jako bariery immunologicznej wynosi 40% [16, 35].

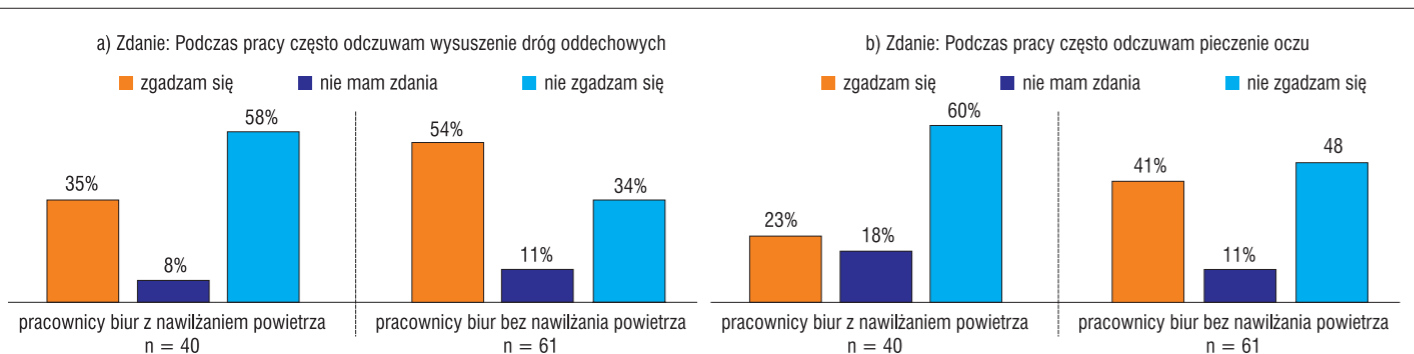
Ogólnie ujmując, w badaniach wiążących wilgotność względną powietrza z odpornością organizmu ludzkiego na infekcje dróg oddechowych jako wartość optymalna najczęściej pojawia się zakres 40–60% [22].

Wilgotność względna a choroby przenoszone drogą kropelkową

Wilgotność względna z punktu widzenia kontroli rozprzestrzeniania patogenów (szczególnie wirusów) ma jednak znaczenie nie tylko jako czynnik dodatnio wpływający na odporność organizmu. Drugim aspektem jest wpływ wilgotności względnej na same wirusy – ich zdolność przetrwania i rozprzestrzeniania się.

Z jednej strony wilgotność względna powietrza wpływa na fizyczny proces tworzenia i utrzymania aerozolu powietrznego – zawiesiny drobnych kropeł. Podczas kaszlu i kichania, a nawet ekspresyjnego mówienia do otoczenia emitowane są krople o średnicy pow. 10 mm, zawierające we wnętrzu wirusy. Przy niskiej wilgotności (poniżej 25%) krople odparowują, a pozostają tzw. jądra kondensacji o średnicy kropeł poniżej 5 mm [14]. Taki aerozol utrzymuje się i może migrować, co ułatwia wtórne zakażenie drogą kropelkową. Jak wskazują badania, wiele wirusów i bakterii jest odpornych na warunki bezwodne – jeśli pozostaną przez jakiś czas w powietrzu o niskiej wilgotności, a następnie zainfekują kolejnego gospodarza, pozostają zjadliwe [12]. Natomiast przy wyższej wilgotności krople aerozolu łączą się w większe grupy i opadają pod wpływem grawitacji na powierzchnie (przeżywalność wirusów na różnych powierzchniach jest przedmiotem odrębnych badań).

Mechanizm tego procesu – charakterystyczny dla wirusów rozprzestrzenianych drogą kropelkową – został wskazany m.in. przez wirusologa prof. Thomasa Pietschmanna z niemieckiego Centrum Helmholtza (Badania Zakażeń Wirusowych) w Brunshwiku [36] czy dr. Waltera Hugentoblera z Instytutu Opieki Podstawowej Uniwersytetu w Zurychu [13], ale też w oświadczeniu wydanym w marcu 2020 roku przez zespół naukowców związanych z Uniwersytetem Medycznym w Yale [21]. W opublikowanych badaniach przeglądowych wskazują oni, że optymalny zakres wilgotności względnej wynosi od 40 do 60%. Podkreślają jednocześnie, że zimą w klimacie umiarkowanym wilgotność względna w pomieszczeniach spada często poniżej 25%. Jest to tłumaczone związkiem wilgotności względnej i temperatury – ogrzewanie zimnego powietrza o i tak niskiej wilgotności względnej powoduje dalsze obniżenie wilgotności względnej, choć całkowita zawartość pary wodnej [g/kg]



Rys. 3. Wyniki badań Instytutu Fraunhofera na grupie ponad 100 pracowników biurowych. Ocena wysychania błon śluzowych (a) i podrażnienia oczu (b) w środowisku pracy [30]

się nie zmienia. Zjawisko niskiej wilgotności zimą może (dla klimatu umiarkowanego) być jednym z czynników warunkujących sezonowy charakter grypy – a być może i wirusa COVID-19, co jednak wymaga potwierdzenia przez kolejne badania środowiskowe, które będą możliwe dopiero w porze letniej na półkuli północnej [24].

Drugim aspektem będącym przedmiotem badań jest wpływ warunków środowiskowych na trwałość i zdolność rozprzestrzeniania się wirusów. Naukowcy biorą pod uwagę dwa zjawiska – trwałość wirusów w aerozolu powietrznym oraz ich trwałość na różnych rodzajach często spotykanych powierzchni.

Wilgotność względna powietrza a trwałość koronawirusów

Wśród znanych medycynie wirusów największe emocje i zainteresowanie budzą dziś koronawirusy – jedne z największych pod względem rozmiaru genomu i wirionu wirusów RNA, wyróżniające się „koronkształtną” osłonką. Koronawirusy ludzkie znane są medycynie od lat 60., kiedy wyizolowano dwa patogeny – HCoV-229E i HCoV-OC43 wywołujące łagodne przeziębienie. Istnieją także koronawirusy zwierzęce, np. MHV (mysi wirus zapalenia wątroby) czy TGEV (wirus zakaźnego zapalenia jelit i żołądka) [29].

Przez wiele lat ludzkim koronawirusom nie poświęcano większej uwagi. Sytuacja zaczęła się zmieniać na początku XXI wieku, kiedy na świecie pojawiły się dwa wysokozakaźne koronawirusy powodujące ciężkie i często śmiertelne choroby – wirus SARS-CoV-1 wywołujący ciężki ostry zespół oddechowy (*Severe Acute Respiratory Syndrome*) oraz MERS-CoV, odpowiedzialny za bliskowschodni zespół niewydolności oddechowej (*Middle East Respiratory Syndrome*) [29]. Do tej samej grupy należy wywołujący chorobę COVID-19 koronawirus HCoV-19 (SARS-CoV-2). Ponieważ jest on jeszcze stosunkowo mało rozpoznany, do prób oceny jego zachowania wykorzystuje się badania nad innymi koronawirusami. Najnowsze badania [9] potwierdzają, że można porównywać zachowania wirusa SARS-CoV-1 i SARS-CoV-2. Oba wirusy cechują się podobnym czasem przetrwania i zachowania

zjadliwości w aerozolu powietrznym i na różnych powierzchniach (tworzywa sztuczne, karton, stal nierdzewna, miedź). Część badań nad wirusem SARS-CoV-1 była prowadzona z zastosowaniem tzw. wirusów zastępczych – zwierzęcych koronawirusów MHV i TGEV. Wiązało się to ze względami bezpieczeństwa [6].

W czasie pandemii projektanci systemów instalacyjnych – w tym wentylacji – i zarządcy budynków poszukują technicznych rozwiązań wspomagających walkę z rozprzestrzenianiem koronawirusów. Projektując nowe i eksploatując istniejące instalacje, dobierają parametry projektowe nie tylko w oparciu o wytyczne branżowe, ale też o umocowane merytorycznie wskazówki, jak uwzględnić aspekt sanitarny. Wyniki badań zależności przetrwania koronawirusów w aerozolu powietrznym od wilgotności względnej powietrza (prowadzonych od lat 60.) wskazują, że przy wartościach RH poniżej 30% wirusy te dłużej zachowują zjadliwość [14]. Badania przeprowadzone w 2007 roku na koronawirusie TGEV dowodzą, że przetrwaniu tego wirusa sprzyjają zarówno niskie (poniżej 20%), jak i wysokie (powyżej 80%) wartości wilgotności względnej. Analiza statystyczna wskazuje, że dla niższej temperatury powietrza na dezaktywację wirusa większy wpływ ma wilgotność względna niż temperatura, a przy wyższych wartościach temperatury (np. 40°C) to właśnie ona staje się czynnikiem decydującym [14].

Jednocześnie zależność między zdolnością wirusów do przetrwania a wilgotnością nie jest jednoznaczna. Przykładowo stowarzyszenie REHVA zwraca uwagę, że nie wszystkie koronawirusy wykazują spadek zdolności przetrwania przy wilgotności względnej wynoszącej od 40 do 60% [17]. Badania koronawirusa MERS-CoV wskazują, że wirus ten zachowuje zjadliwość przez co najmniej dwie doby w temperaturze 20°C przy wilgotności względnej 40% (tylko 7% spadku liczby zjadliwych wirusów w badanej próbce). Dopiero wzrost wilgotności do 70% powoduje osłabienie wirusa (89% spadku) [10].

Wilgotność względna powietrza wewnętrznego a przetrwanie wirusów na powierzchniach

W 2010 roku prowadzone były badania dotyczące wpływu temperatury i wilgotności na przetrwanie koronawirusów zwierzęcych (MHV i TGEV) na powierzchni ze stali nierdzewnej [6]. Ze względów bezpieczeństwa stanowiły one wirusy zastępcze dla koronawirusa SARS-CoV. Z badań wynika, że dla wilgotności względnej zarówno poniżej 20%, jak i powyżej 80%, zdolność koronawirusów do przetrwania na powierzchniach jest wyższa niż dla wilgotności względnej 50%. Przy tej wartości wilgotności odnotowano najwyższy poziom inaktywacji wirusów. W temperaturze pokojowej (20°C) przy wilgotności względnej wynoszącej 20% czas przetrwania zjadliwych wirusów wynosił do 28 dni, a przy 50% – ok. 3 dni.

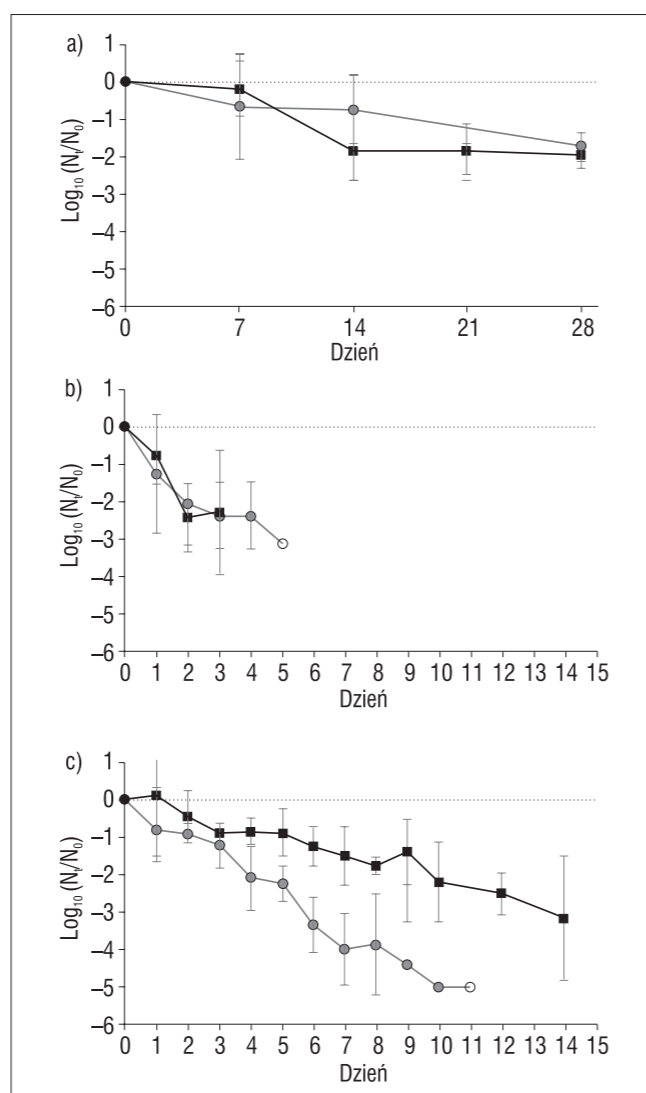
W pewnym uproszczeniu, wilgotność $RH = 50\%$ może powodować, że jednocześnie zachodzą dwa mechanizmy inaktywacji wirusa – z jednej strony niszczenie otoczki lipidowej przez jej wysychanie i przemiany chemiczne, z drugiej dezaktywacja otoczki zachodząca na granicy fazowej woda–powietrze roztworu pary wodnej [6]. Dla porównania – wyniki badań pochodzące z laboratoriów sieci WHO z 2003 roku wskazują, że czas przetrwania SARS-CoV na powierzchniach ze stali nierdzewnej to 36 h [37], choć nie określono warunków badań, w tym wartości RH. Według badań z marca 2020 roku, COVID-19 może przetrwać do 72 h na powierzchniach z tworzyw sztucznych i stali nierdzewnej, mniej niż 4 h na powierzchniach miedzianych i mniej niż 24 h na kartonie [7, 9, 18, 23].

Zalecenia dotyczące wilgotności względnej powietrza wewnętrznego

Byłoby miło, gdyby udało się podać jedną hipotezę, jedno wyjaśnienie obejmujące regiony o klimacie zarówno tropikalnym, jak i umiarkowanym – zauważyła prof. Linsey Marr z amerykańskiej uczelni Virginia Tech [24]. Zalecenia, które wynikają zarówno z przedstawionych badań, jak i z analiz stowarzyszeń branżowych, dotyczą klimatu umiarkowanego i nie sprawdzą się dla tropikalnego, gdzie pora deszczowa (wysoka temperatura i wysoka wilgotność względna) jest okresem... zwiększonych zachorowań na grype.

Zapewnienie właściwej wilgotności względnej w pomieszczeniu jest jednym ze sposobów na ograniczenie rozprzestrzeniania wirusów i innych patogenów – w tym powodujących choroby sezonowe (do których należy grypa i SARS, a być może także i COVID-19) przenoszone drogą kropelkową, dla których najbardziej sprzyjające warunki mają miejsce zimą, przy niskiej wilgotności względnej pomieszczeń.

Pomieszczenia powinny być w pierwszej kolejności prawidłowo wentylowane, a jednocześnie – przez odpowiednią izolację przegród



Rys. 4. Przetrvanie koronawirusów na powierzchniach ze stali nierdzewnej dla różnych wartości wilgotności względnej: a) RH = 20%, b) RH = 50%, c) RH = 80% [6]

budowlanych zapewniającą eliminację mostków cieplnych – zabezpieczone przed kondensacją pary wodnej na przegrodach, by nie powstały warunki do rozwoju pleśni [3]. Zbyt niska wilgotność względna pozostaje problemem przede wszystkim zimą – można jednak, ograniczając przegrzewanie, zrekompensować ją obniżeniem temperatury powietrza. Ograniczenie strumienia powietrza (co jest możliwe przy sprawnie działającej, sterowalnej instalacji wentylacyjnej) do minimum higienicznego (20 m³/h/os.) pozwala utrzymać wilgotność nie niższą niż 20% [20]. Jednak wymiana powietrza na poziomie minimum higienicznego nie jest dobrym rozwiązaniem w okresie pandemii, czyli podwyższonego narażenia na rozprzestrzenianie patogenów drogą powietrzną – wymiana powietrza jest jedną z rekomendacji higienicznych. Organizacja Eurovent wskazuje wśród swoich zaleceń na większą intensywność wentylacji i zwiększenie udziału powietrza świeżego oraz wydłużenie czasu pracy instalacji wentylacyjnej [8], natomiast badacze z Yale [21] zalecają wentylację z zastosowaniem powietrza świeżego (bez udziału powietrza recyrkulacyjnego).

Wśród zaleceń można znaleźć także te dotyczące utrzymania konkretnej wartości wilgotności względnej – Eurovent rekomenduje zapewnienie (w miarę możliwości) wilgotności względnej powyżej 30% [8]. Badacze z Yale wskazują zakres 40–60% w temperaturze pokojowej [21]. Natomiast europejska organizacja wentylacyjna REHVA rekomenduje, by nie zmieniać istniejących nastaw systemów HVAC: w budynkach wyposażonych w centralny system nawilżania nie ma potrzeby zmiany nastawy tego systemu (zwykle 25 lub 30%) [17]. Amerykańska organizacja inżynierów HVAC ASHRAE pośrednio zaleca utrzymanie „średniej” (mid-range) wilgotności względnej, wskazując, że *wprowadzenie do środowiska wewnętrznego pary wodnej (...) wymaga prawidłowego doboru, użytkowania i konserwacji urządzeń do nawilżania* [3].

Technologie nawilżania powietrza wewnętrznego

Wodę lub parę wodną można wprowadzać do powietrza centralnie, poprzez sekcję nawilżania w centrali lub urządzenie kanałowe za centralą, albo lokalnie przez urządzenie zamontowane i działające bezpośrednio w danym pomieszczeniu. Na rynku dostępne są nawilżacze adiabatyeczne i parowe. W nawilżaczach adiabatyecznych (ewaporacyjnych, wyparnych) zachodzi parowanie dyfuzyjne z powierzchni wody. Stosowane rozwiązania techniczne to komory zraszania i złoża zrasane, rozpylanie mechaniczne – najczęściej przez dysze rozpylające, ale dostępne są także np. wirujące dyski – oraz generatory UV, w których parowanie zachodzi dzięki kawitacji. W nawilżaczach parowych wytwornica pary produkuje suchą, sterylną parę wodną, wprowadzaną bezpośrednio do pomieszczeń. Ich zaletą są szerokie możliwości regulacji i duża sterylność procesu, ale wysokie zużycie energii przez wytwornicę pary podnosi koszty ich eksploatacji.

Nawilżacz spełni swoje zadanie w aspekcie komfortu i zdrowia użytkowników, jeśli sam nie będzie podatny na zanieczyszczenia powietrza ani nie będzie źródłem zanieczyszczenia wtórnego powietrza w pomieszczeniach. Zgodnie z § 154.6 i 154.7 Warunków Technicznych [31] nawilżacze muszą być zabezpieczone przed zanieczyszczeniami znajdującymi się w powietrzu zewnętrznym i ewentualnie obiegowym (filtrem klasy co najmniej F6) i nie mogą powodować uciekania wody na zewnątrz czy do dalszej części wentylacji. Choć w przepisach nie ma odpowiedniego wymogu, nawilżacze nie mogą też być rezerwuarem mikroorganizmów, których wtórna emisja do pomieszczenia byłaby zagrożeniem dla bezpieczeństwa użytkowników. Dotyczy to przede wszystkim nawilżaczy adiabatycznych – nie może dochodzić w nich do zastoju wody wykorzystanej do nawilżania, a sama woda musi mieć parametry ograniczające możliwość rozwoju mikroorganizmów. Przykładowo ze względu na ryzyko namnażania w stojącej wodzie bakterii termofilnej *Legionella pneumophila* w przypadku urządzeń rozpylających wodę (dysz) od wielu lat nie stosuje się obiegów wodnych zamkniętych (wody recyrkulacyjnej) [1]. Woda stosowana do zasilania nawilżaczy zwykle ma temperaturę poniżej optymalnej dla rozwoju *Legionelli* (35–40°C). Ze względu na udokumentowane ryzyko rozwoju grzybów (np. na skutek zastoju wody) [1] urządzenia powinny być cyklicznie opróżniane i płukane, a przede wszystkim zasilane wodą zdemineralizowaną i zdezynfekowaną. Do przygotowania takiej wody w zastosowaniach profesjonalnych zwykle stosuje się proces odwróconej osmozy z dodatkową metodą dezynfekcji (np. promienie UV lub wprowadzenie do wody jonów srebra).

Podsumowanie

Przez wiele lat praktyki projektowania instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych do pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi wilgotność względna rozpatrywana była przede wszystkim w kategoriach komfortu użytkowników pomieszczeń oraz zachowania własności użytkowych elementów konstrukcji, wykończenia i wyposażenia budynków, np. w aspekcie ochrony przed rozwojem grzybów pleśniowych. Jednak staranne projektowanie i eksploatacja instalacji wentylacyjno-klimatyzacyjnych nabiera, szczególnie w dobie obecnej pandemii i możliwości narażenia ludzkości na kolejne, znaczenia niemal misyjnego. Liczne wyniki badań naukowych prowadzonych pod kątem wpływu warunków środowiskowych na przetrwanie patogenów – w tym groźnych koronawirusów, takich jak SARS-CoV-1, MERS czy COVID-19 – wskazują, że ich rozwojowi sprzyja zarówno zbyt suche, jak i za wilgotne powietrze w pomieszczeniach. Zapewnienie optymalnej wilgotności względnej – szczególnie w obiektach opieki medycznej – staje się więc dziś jednym ze sposobów na ograniczenie rozprzestrzeniania wirusów zagrażających ludzkości.

Literatura

1. Arundel A.V., Sterling E.M., Biggin J.H., Sterling T.D., *Indirect health effects of relative humidity in indoor environments*, „Environmental Health Perspectives” No. 65, 1986, p. 351–61, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1474709/pdf/envhper00436-0331.pdf> (dostęp: 27.04.2020).
2. Arundel A.V., Sterling E.M., Sterling T.D., *Criteria for human exposure to humidity in occupied buildings*, ASHRAE Transactions 91 (1B), 1985.
3. *ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols* (zatwierdzony przez Radę Nadzorczą ASHRAE), Atlanta, 14 kwietnia 2020.
4. ANSI/ASHRAE/ASHE, *Ventilation of Health Care Facilities (Standard 170-2017)*, ASHRAE 2017.
5. ANSI/ASHRAE, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (Standard 55 2017)*, 2017.
6. Casanova, L.M., Jeon, S., Rutala, W.A., Weber, J.D., Sobsey, M.D., *Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces*, „Applied and Environmental Microbiology”, No. 76 (9), 2010, p. 2712–2717.
7. Chin A., Chu J., Perera M., Hui K., Yen H-L., Chan M., Peiris M., Poon L., *Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions* (praca przed oficjalną publikacją).
8. *COVID-19: Regular and correct maintenance of ventilation systems (General Document GEN -1105.00)*, Eurovent, Bruksela 9.04.2020, <https://eurovent.eu/?q=articles/covid-19-regular-and-correct-maintenance-ventilation-systems-gen-110500> (dostęp: 27.04.2020).
9. van Doremalen N., Bushmaker T., Morris D., Holbrook M., Gamble A., Williamson B., Tamin A., Harcourt J., Thornburg N., Gerber S., Lloyd-Smith J., de Wit E., Munster V., *Aerosol and surface stability of HCoV-19 (SARS-CoV-2) compared to SARS-CoV-1* (praca przed oficjalną publikacją).
10. van Doremalen N., Bushmaker T., Munster V. J., *Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions*, „Euro Surveillance” No. 18 (38), p. 20590, European Centre for Disease Prevention and Control (UE), Stockholm 2013.
11. Fang, L., Wyon D.P., Clausen G., Fanger O.P., *Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance*, „Indoor Air” Vol. 14, No. 7, 2004, p. 74–81.
12. de Goffau M.C., Yang X., van Dijk J.M., Harmsen H.J., *Bacterial pleomorphism and competition in a relative humidity gradient*, „Environmental Microbiology” No. 11, 2009, p. 809–822.
13. Hugentobler W., *Our noses are our climate control units*, <https://www.condair.com.ro/opinion-doctor-air-humidification> (dostęp: 27.04.2020).
14. Kim S.W., Ramakrishnan M.A., Raynor P.C. et al., *Effects of humidity and other factors on the generation and sampling of a coronavirus aerosol*, „Aerobiologia” No. 23, 2007, p. 239–248.
15. Kostyńska M., *Dobre praktyki na czas pandemii koronawirusa – picie wody i nawilżanie powietrza w pomieszczeniach*, medonet.pl (dostęp: 27.04.2020).
16. Kudo E., Song E., Yockey L., Rakib T., Wong P., Homer R., Iwasaki A., *Low ambient humidity impairs barrier function, innate resistance against influenza infection*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” No. 16, 2019, p. 10905–10910.
17. Kurnitski J. et al., *How to operate and use building services in order to prevent the spread of the coronavirus disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in workplaces*, *COVID-19 guidance document*, REHVA, April 3, 2020.
18. Lovelace Jr. B., Higgins-Dunn N., Feuer W., *WHO considers ‘airborne precautions’ for medical staff after study shows coronavirus can survive in air*, CNBC, 16.03.2020.
19. Materiały firm Carel, Condair, Swegon.
20. Mijakowski M., *Wilgotność powietrza w pomieszczeniach biurowych – wymagania, nawilżanie, osuszanie*, www.inzynierbudownictwa.pl, 18.09.2019 (dostęp: 27.04.2020).
21. Moriyama M., Hugentobler W. J., Iwasaki A., *Seasonality of Respiratory Viral Infections*. „Annual Review of Virology” (planowana publikacja w nr 7 – wrzesień 2020).
22. Mousavi M.S.H., Mostafa M., Hopke M. et al., *Investigating the effect of several factors on concentrations of bioaerosols in a well-ventilated hospital environment*, „Environmental Monitoring and Assessment”, Vol. 191, No. 7, 2019, p. 407.

23. *New coronavirus stable for hours on surfaces*, National Institutes of Health, 17th March 2020, <https://www.nih.gov/news-events/news-releases/new-coronavirus-stable-hours-surfaces> (dostęp: 27.04.2020).
24. *Ossola A., Humidity plays a role in seasonal spread of viruses. Will the same go for Covid-19?* <https://qz.com/1843347> (dostęp: 27.04.2020).
25. PN-B-03430:1983 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.*
26. PN-B-03421:1978 *Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi.*
27. PN-EN 15251:2012 *Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę.*
28. PN-EN 16798-1:2019-06 (ang.) *Charakterystyka energetyczna budynków. Wentylacja budynków. Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki. Moduł M1-6.*
29. Pyrc K., *Ludzkie koronawirusy*, „Postępy Nauk Medycznych”, t. XXVIII, nr 4B, 2015, s. 48–54.
30. Rief S., Jurecic M., *Air humidity in the office workplace. Study on the significance of air humidity in the office*, Fraunhofer Institute For Industrial Engineering (IAO), Stuttgart 2014.
31. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2019, poz. 1065).
32. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 1 grudnia 1998 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe (DzU 1998, nr 148, poz. 973).
33. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (t.j. DzU 2003, nr 169, poz. 1650, z późn. zm.).
34. Tapple P. et al., *Wegweiser für eine gesunde Raumluft. Die Chemie des Wohnens*, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft i Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Wien 2009, <http://www.raumluft.org/fileadmin/dokumente/wegweiser.pdf> (dostęp: 27.04.2020).
35. Taylor S., Tasi M., *Low indoor-air humidity in an assisted living facility is correlated with increased patient illness and cognitive decline*, Proceeding of Indoor Air Conference, 2018, p. 1–8.
36. Vergin J., *Will warmer weather stop the spread of the coronavirus?* <https://www.dw.com/en/will-warmer-weather-stop-the-spread-of-the-coronavirus/a-52570290> (dostęp: 28.02.2020).
37. World Health Organization, *First data on stability and resistance of SARS coronavirus compiled by members of WHO laboratory network*, World Health Organization, Geneva 2003, http://www.who.int/csr/sars/survival_2003_05_04/en/index.html (dostęp: 27.04.2020).

Joanna Ryńska



Oczyszczacz powietrza BerlinerLuft.Pure

Mobilny. Cichy. Bezpieczny.

WSKAŹNIK DEZAKTYWACJI KORONAWIRUSÓW 99,9%

BARDZO CICHY <39 DB (A) PRZY 1,000 M³/H

WYDAJNOŚĆ 500-1.600 M³/H

GOTOWY DO PODŁĄCZENIA Z WBUDOWANĄ AUTOMATYKĄ

MOBILNY NA KÓŁKACH

**SZKOŁY, RESTAURACJE, DOMY SENIORA,
SALE WYKŁADOWE, STUDIA FITNESS**

BerlinerLuft. Technik Sp. z o.o. ul. Chocimska 13, 78-200 Białogard

Zakład w Koszalinie ul. Lniana 13, 75-213 Koszalin

Tel. +48 94 347 05 50 | Tel. kom. +48 608 295 781 | E-Mail biuro@berlinerluft.pl

www.berlinerluft.pl

O czym warto pamiętać przy projektowaniu instalacji wentylacji?

Utrzymanie jakości powietrza zwłaszcza w budynkach użyteczności publicznej w obecnych czasach może stanowić nie lada wyzwanie dla każdego projektanta, jak i właściciela budynku. Każdemu będzie zależeć na jak najlepszych warunkach, w których przebywa się przez większą część dnia. Ze względu na pandemię, która trwa od lutego 2020 r., zwraca się szczególną uwagę na jakość powietrza w budynkach typu przedszkola i szkoły, tak aby zminimalizować ryzyko infekcji już nie tylko koronawirusem, ale również innymi zanieczyszczeniami.

Jakie sobie poradzić ze szkodliwymi bakteriami i wirusami?

Aby powstrzymać rozprzestrzenianie się bakterii, bardzo ważne jest utrzymanie wysokiego poziomu jakości powietrza i jego wymiany. Ryzyko infekcji w samym pomieszczeniu można zmniejszyć, zwiększając przepływ świeżego powietrza poprzez zastosowanie odpowiedniej wentylacji. Dobra wentylacja skutecznie może pomóc w zmniejszeniu stężenia patogenów w powietrzu. Oprócz zwrócenia szczególnej uwagi na szybkość wymiany powietrza, ważne jest użycie wysoce wydajnych filtrów, które są w stanie zapewnić najwyższy poziom filtracji powietrza i utrzymywać dobrą jakość powietrza w pomieszczeniach przez cały czas. W kwietniu 2020 r. ASHRE opublikowało wskazówki dotyczące aktualizacji systemów HVAC, aby zapobiec rozprzestrzenianiu COVID-19 w miejscu pracy/szkoły:

- zwiększenie współczynników wentylacji powietrza zewnętrznego,
- kontrola ciśnienia,
- poprawa filtracji w centralach wentylacyjnych,
- optymalizacja wzorów przepływu powietrza,
- praca systemu 24/7,
- kontrolowanie wilgotności na poziomie 40-60%,
- zwiększenie szybkości wymiany powietrza,
- dodawanie promieniowania UV (promieniowanie bakteriobójcze).

Przy projektowaniu nowego budynku lub modernizacji istniejącego zaleca się stosowanie wysokiej jakości systemów wentylacyjnych, które mają możliwość wykorzystania najwyższej klasy filtrów powietrza. Firma Daikin w swojej ofercie do central wentylacyjnych typu Professional wprowadziła

kilka rozwiązań, które zgodnie z wytycznymi zwiększają jakość powietrza tak istotną w dzisiejszych czasach.

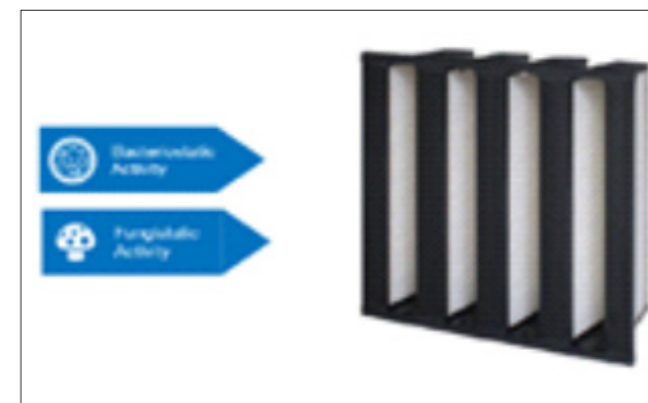
Który filtr wybrać, aby zapewnić dobrą jakość powietrza?

W celu zahamowania rozwoju grzybów i bakterii należy stosować Filtr Biocide, dzięki czemu ograniczony zostaje ich wpływ na jakość powietrza w pomieszczeniach. Funkcja przeciwbakteryjna działa tutaj na 2 płaszczyznach: BIOSIDES – zabija mikroorganizmy oraz BIOSTATIC – zatrzymuje rozwój mikroorganizmów. Otrzymujemy skuteczny efekt w hamowaniu wzrostu i w rozmnażaniu szerokiej gamy grzybów, co ma

wpływ na jakość powietrza w pomieszczeniu. Jest on dodatkowo łatwy w montażu i obsłudze, co bezpośrednio przekłada się na oszczędność kosztów konserwacji i montażu. Dodatkowo jest szczególnie efektywny w warunkach o dużej wilgotności, które są dobrym miejscem na rozwój bakterii.

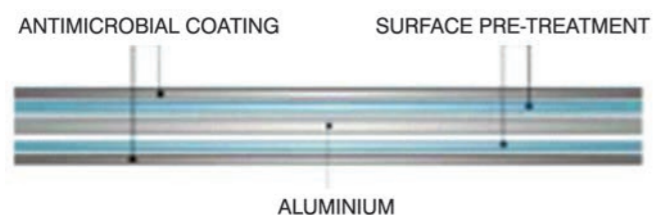
Filtr Biocide jest zgodny z BRP(EU) No 528/2012 i dostępny jest w 2 wariantach – jako filtr kieszeniowy oraz filtr panelowy, oraz w klasach filtrach od F7 do F9 wg EN779:2021 (wg ISO16890: EPM1_50-65, ePM1_70-80 ePM1_{≥85}). Zalecany jest do stosowania tam, gdzie istotny jest bardzo wysoki poziom jakości powietrza, czyli np. szkoły/przedszkola/żłobki.

Powietrze oczyszczone z 95% cząsteczek o wielkości PM1 można uzyskać przy zastosowaniu kieszeniowego filtra F9 zgodnego z ISO 16890. Rzeczywista wydajność filtra (zapisana na filtrze na tabliczce znamionowej) została zakwalifikowana zgodnie z normą EN1822:2009.



Jeśli nie filtr to może wymiennik powietrza?

Poprawę jakości powietrza można w prosty sposób uzyskać, stosując specjalny wymiennik przeciwprądowy Daikin dostępny z powłoką antybakteryjną. Dzięki swojej budowie pozwala na osiągnięcie wyższej sprawności temperaturowej niż wymiennik krzyżowy, oraz może odzyskiwać



ciepło bez żadnych zanieczyszczeń. Firma Daikin oferuje opcjonalnie wymiennik z dodatkową powłoką antybakteryjną, która wpływa niekorzystnie na środowisko bakterii, wirusów, grzybów, co zapobiega ich rozmnażaniu na powierzchni wymiennika. Przekłada się to bezpośrednio na jakość powietrza nawiewanego do pomieszczenia. Dodatkowo konstrukcja wymiennika ciepła z powłoką antybakteryjną sprawia, że jest on odporny na korozję. Dostępny jest w centralach typu Professional firmy Daikin dla przepływu do 80 000 m³/h.

Walka z wirusami i bakteriami, dzięki lampie UVC

Usuwanie wirusów i bakterii poprzez uszkodzenie łańcucha DNA wirusów możliwe jest już na etapie wentylacji.

Lampa UVC to technologia zapewniająca w sposób wydajny i opłacalny redukcję patogenów w powietrzu, które przepływa przez sekcję, gdzie została ona zamontowana. Dezynfekcja za pomo-

UVC Light OFF



UVC Light ON



cą światła UVC jest jedną z najskuteczniejszych metod, która usuwa niemal wszystkie wirusy i bakterie oraz pleśnie poprzez uszkodzenie łańcucha DNA wirusów i bakterii co prowadzi do ich rozpadu. Poprzez zastosowanie lampy UVC w sekcji centrali, ograniczamy kontakt ludzki z promieniowaniem UVC do zera i uzyskujemy tzw. dezynfekcję powietrza nawiewanego do pomieszczenia. Stosowanie dezynfekcji za pomocą promieniowania UVC jest zalecane przez Główny Inspektorat Sanitarny oraz WHO jako metoda dezaktywująca wirusa SARS-COV-2. Proponowana lampa UVC przez firmę Daikin zapewnia do 6 razy większą wydajność niż konkurencyjne produkty UVC w temperaturach roboczych HVAC, co przekłada się na dłuższą żywotność urządzenia. Ponadto lampa UVC nie wytwarza ozonu ani innych szkodliwych zanieczyszczeń wtórnych.



Jak uzdatnić powietrze w już istniejących budynkach?

W istniejących budynkach, w których nie ma możliwości modernizacji systemów wentylacyjnych najprostszym i najbardziej skutecznym sposobem jest zastosowanie oczyszczaczy powietrza. Daikin zaleca oczyszczacze z technologią Fresh Streamer, które uzyskały potwierdzenie na dezaktywację wirusów, bakterii i pleśni aż w ponad 99% w tym tzw. koronawirusy. Atutem oczyszczaczy powietrza Daikin jest sprawdzony system filtracji powietrza, czujniki zanieczyszczenia oraz usuwanie zapachów. Niewątpliwym atutem jest trwałość zastosowanych filtrów, które stosowane w standardowych warunkach powinny być wymieniane po ok. 10 latach użytkowania.

Daikin Airconditioning Poland Sp. z o.o.
ul. Taśmowa 7, 02-677 Warszawa
tel. 22 319 90 00
office@daikin.pl, www.daikin.pl



Jakość powietrza w budynku użytkowanym jako żłobek

Pomieszczenia przeznaczone na żłobki powinny spełniać wysokie wymagania w zakresie temperatury, wilgotności i jakości powietrza. Spełnienie wymogów stawianych w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych i w rozporządzeniu w sprawie wymagań lokalowych i sanitarnych, jakie musi spełniać lokal, w którym ma być prowadzony żłobek lub klub dziecięcy, nie gwarantuje zapewnienia właściwej jakości powietrza w pomieszczeniu z wentylacją naturalną (grawitacyjną). Skutecznym rozwiązaniem może być zastosowanie wentylacji mechanicznej.

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych [6] oraz norma PN-B-03430 określająca wymagania dla wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej [3] definiują konieczność zapewnienia w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi odpowiedniej jakości powietrza. O ile w budynkach nowych, których przeznaczenie jest znane na etapie budowy, można odpowiednio zaprojektować wszystkie elementy odpowiadające za jakość powietrza, o tyle w budynkach, których sposób użytkowania zmienia się znacznie podczas eksploatacji, spełnienie tych wymagań może być trudne.

Jakość powietrza, którego analizę przedstawiono w niniejszym artykule, opisana została następującymi parametrami:

- temperatura powietrza wewnętrznego t_p
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego ϕ_p
- stężenie dwutlenku węgla CO_2 .

Badaniu poddano salę zabaw w budynku, który użytkowany jest jako żłobek (opis w dalszej części). W związku z dużym zapotrzebowaniem na opiekę nad dziećmi do lat trzech otwieranych jest obecnie wiele żłobków i klubów malucha. Powstają one często nie w nowo wybudowanych obiektach, ale w budynkach, których pierwotnym przeznaczeniem były funkcje mieszkalne. Są to niejednokrotnie mieszkania w budynkach wielorodzinnych lub domy jednorodzinne, których właściciele postanowili przeznaczyć je na wynajem.

Należy pamiętać, że w takich pomieszczeniach brakuje instalacji wentylacji mechanicznej, a zapewnienie powietrza świeżego odbywa się za pomocą wentylacji grawitacyjnej. Projektowany strumień powietrza wentylacyjnego, jaki był brany pod uwagę przy budowie takich obiektów, wynikał z kryterium higienicznego przypadającego na mieszkanie/dom jednorodzinny, które uwzględniało

liczbę pomieszczeń „brudnych”, czyli kuchni, łazienek, WC czy pomieszczeń gospodarczych. Wymagane strumienie powietrza określone są w normie PN-B-03430 [3]. Dla mieszkania, w którym znajdują się kuchnia, łazienka oraz WC, normowy strumień powietrza usuwanego wynosi $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Biorąc pod uwagę, że w standardowym mieszkaniu przebywają cztery osoby, można przyjąć, że strumień powietrza świeżego przypadający na osobę powinien wynosić $38 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$, co jest spełnieniem wymagań higienicznych określonych w powołanej normie – podaje ona $20 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$. Inną kwestią jest, czy powietrze świeże będzie rzeczywiście dostarczane do mieszkania, szczególnie w obiektach poddawanych termomodernizacji, o szczelnej stolarni okiennej. Niemniej można przyjąć, że warunki higieniczne zostały w takim mieszkaniu zapewnione.

Jeżeli jednak w takim standardowym mieszkaniu zamiast czteroosobowej rodziny przebywać będzie np. dziesięcioro dzieci oraz trzy opiekunki, strumień powietrza przypadający na osobę będzie wynosił jedynie $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$, co jest wartością zbyt niską w aspekcie zapewnienia warunku dotyczącego stężenia dwutlenku węgla. Norma [3] podaje bowiem, że dla pomieszczeń żłobkowych strumień powietrza świeżego może wynosić $15 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$.

Ważną kwestią przy przebudowie lub zmianie użytkowania budynku jest spełnienie wymagań określonych w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [6]. Są to przepisy nadrzędne, określające m.in. wymagania dotyczące wentylacji w odniesieniu do przywołanych w przepisach norm, w tym wspomnianej normy wentylacyjnej [3]. W obliczu konieczności otwierania nowych placówek uchwalone zostało rozporządzenie w sprawie wymagań lokalowych i sanitarnych, jakie musi spełnić lokal, w którym ma być prowadzony żłobek [7]. Budynki, które mają być przeznaczone na żłobek, powinny spełniać w pierwszej kolejności wymagania warunków technicznych, a jednocześnie wymagania lokalowe i sanitarne, które zostały doprecyzowane w drugim z rozporządzeń.

Charakterystyka analizowanych pomieszczeń

Ocenę jakości powietrza przeprowadzono w sali zabaw żłobka. Badane pomieszczenie znajduje się na parterze w budynku jednorodzinny w zabudowie bliźniaczej, który powstał w latach 1978–1980 w technologii tradycyjnej. Powierzchnia obu części budynku wynosi 600 m^2 . Ściany zewnętrzne zbudowane są z cegły silikatowej. W roku 1998 przeprowadzono prace modernizacyjne polegające na wymianie instalacji ogrzewania – zastosowano grzejniki płytowe oraz zmieniono źródło ciepła z węzła cieplnego na kocioł gazowy jednofunkcyjny z zasobnikiem, który obsługiwał obie połówki bliźniaka, oraz ocieplono ściany parteru budynku styropianem o grubości 6 cm i otynkowano, wymieniono także wszystkie okna na plastikowe o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

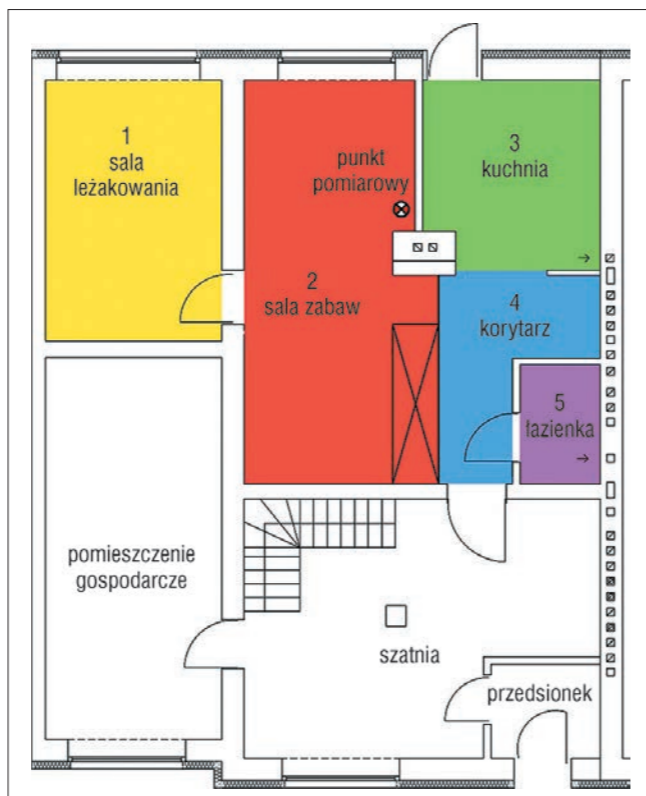
W roku 2010 połówka bliźniaka została wynajęta na żłobek. Przeprowadzono w związku z tym kolejne prace modernizacyjne zmieniające źródło ciepła na kocioł gazowy dwufunkcyjny przeznaczony

tylko dla części żłobkowej oraz wymieniono okna na szczelne, o współczynniku $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (poza oknami w analizowanym pomieszczeniu).

Pomieszczenia zlokalizowane na parterze mają wysokość w świetle 2,5 m. Rzut parteru budynku pokazano na **rys. 1**, natomiast w **tabeli 1** zestawiono powierzchnie poszczególnych pomieszczeń.

Na rzucie budynku zaznaczono pomieszczenia, dla których przeprowadzono ocenę jakości powietrza. Zaznaczone pomieszczenia użytkowane są przez dzieci poniżej drugiego roku życia. W zakres pomieszczeń wchodzi:

- sala zabaw (oznaczona kolorem czerwonym) – miejsce, w którym dzieci spędzają większość czasu; pomieszczenie to zostało pomieszczeniem reprezentatywnym, w którym umieszczono urządzenia pomiarowe,
- sala przeznaczona na leżakowanie (kolor żółty) – sala ta jest zamykana jedynie w trakcie leżakowania, tj. przez ok. 1,5 h/dzień,
- kuchnia z jadalnią (kolor zielony),
- korytarz (kolor niebieski),
- pomieszczenie gospodarcze/łazienka (kolor fioletowy).



Rys. 1. Rzut parteru z oznaczeniem funkcji pomieszczeń oraz zaznaczeniem punktu pomiarowego

Pomieszczenia te oddzielone są od reszty budynku szczelnymi drzwiami przeciwpożarowymi, z tego względu przepływ powietrza między nimi a innymi pomieszczeniami jest bardzo ograniczony.

Sala zabaw oraz kuchnia z jadalnią są połączone, a oddzielają je jedynie szafki, których wysokość jest mniejsza niż wysokość pomieszczenia, co umożliwia swobodny przepływ powietrza między tymi pomieszczeniami. Sala przeznaczona na leżakowanie jest zamykana jedynie w czasie drzemki

Tabela 1. Zestawienie powierzchni poszczególnych pomieszczeń analizowanego obiektu

Pomieszczenie	Powierzchnia	Kubatura
	m ²	m ³
1 Sala leżakowania	15,4	38,5
2 Pokój zabaw	20,0	50,0
3 Kuchnia	11,0	27,5
4 Korytarz	11,6	29,5
5 Łazienka	2,9	7,3
Razem	60,9	152,8
Razem pomieszczenia przeznaczone na pobyt dzieci	58,0	145,5

dzieci, a w pozostałym okresie pozostaje otwarta. Dzieci mogą się swobodnie przemieszczać w obrębie tych pomieszczeń, z wyjątkiem momentów, gdy rodzice je przyprowadzają i odbierają. Dlatego wszystkie te pomieszczenia (poza łazienką) traktowane są jako miejsce przebywania grupy żłobkowej.

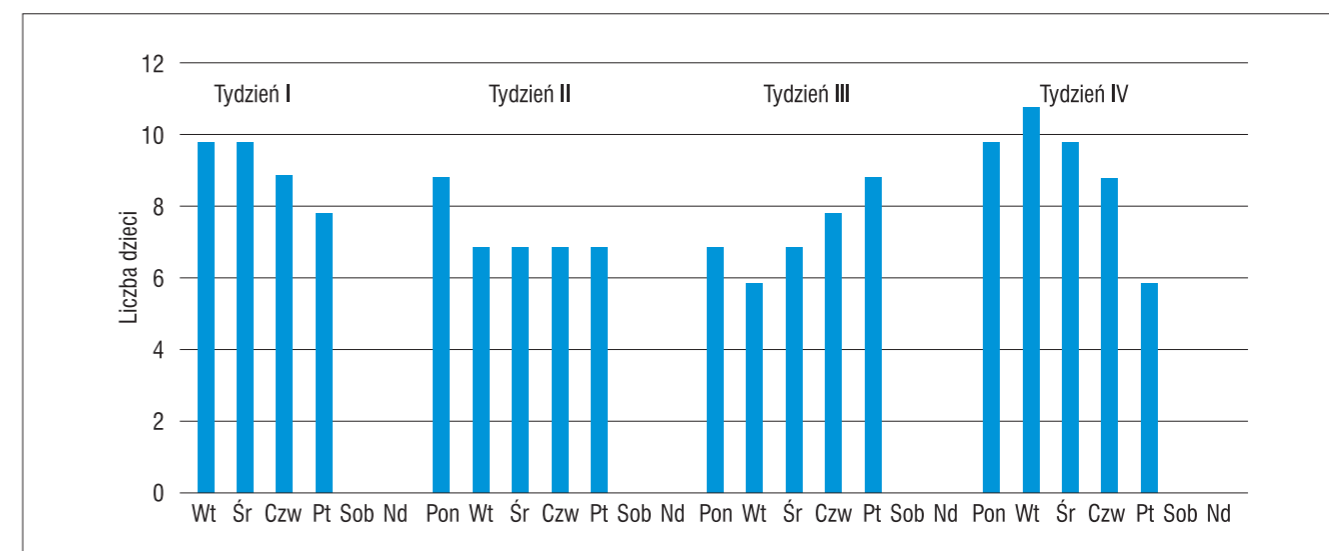
Profil użytkowania analizowanych pomieszczeń w okresie badań

Żłobek czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach 7:00–17:00. W godzinach 7:00–8:00 (8:30) dzieci zbierają się w największej sali, a następnie dzielone są na trzy grupy wiekowe. Odbierane są ze swoich grup przez rodziców od godziny 14:30, a te, które pozostały, ok. 15:30 przechodzą do największej sali. W analizowanej grupie przebywają dzieci poniżej drugiego roku życia. W trakcie przeprowadzania badań zapisane było do niej 13 dzieci. Opiekę nad nimi sprawują dwie osoby dorosłe.

Badania jakości powietrza przeprowadzono w ciągu czterech tygodni w marcu 2017 roku. W tym czasie przeprowadzono badania ankietowe, w ramach których poproszono personel o uzupełnienie danych na temat liczby dzieci, czasu wietrzenia, godzin spania dzieci (nie przebywają one wtedy w sali, w której umieszczono czujniki). Na **rys. 2** pokazano, jak kształtowała się liczba dzieci każdego dnia w badanym okresie. Średnia wynosiła osiem, co daje frekwencję ok. 60%. Do tej liczby należy doliczyć trzy opiekunki.

Analizując przekazane przez opiekunki ankiety, można przyjąć, że typowy dzień wygląda w tej grupie następująco:

- rozpoczęcie dnia w sali opomiarowanej – 8:30 w tygodniach I–III, 8:00 w tygodniu IV (z uwagi na większą liczbę dzieci),



Rys. 2. Liczba dzieci w żłobku w okresie pomiarowym (marzec 2017)

- leżakowanie w godzinach 11:00–13:00 – dzieci przebywają w sali nieopomiarowanej,
- zakończenie dnia w sali opomiarowanej – 15:30 w tygodniu I i IV, 15:00 w tygodniu II i III (z uwagi na mniejszą liczbę dzieci).

Podczas przeprowadzania ankiet dotyczących profilu użytkownika nie tylko w okresie badań, ale i w pozostałej części roku uzyskano informację, że maksymalna liczba dzieci obecnych każdego dnia nie przekraczała 11. Wietrzenie pomieszczenia może się odbywać jedynie w czasie, gdy nie przebywają w nim podopieczni. W analizowanym okresie z reguły miały miejsce trzy lub cztery wietrzenia – jedno przed rozpoczęciem zajęć w sali, drugie i trzecie w czasie drzemki, a ostatnie pod koniec dnia. Niekiedy wietrzenie południowe trwało bardzo krótko, z uwagi na fakt, że niektóre dzieci nie spały.

Przepisy dotyczące instalacji wentylacji dla obiektu żłobkowego

Jak wcześniej wspomniano, podstawowe przepisy prawne określające sposób wentylowania pomieszczeń (co bezpośrednio wiąże się z jakością powietrza) zawarte zostały w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [6], powołującym normę PN-B-03430 [3]. Mówią one, że budynki użyteczności publicznej, do których zalicza się żłobek, muszą mieć tak zaprojektowaną instalację wentylacyjną, żeby zapewniona została właściwa jakość powietrza. W pomieszczeniach o takim przeznaczeniu konieczne jest zapewnienie strumienia powietrza świeżego o wielkości 15 m³/h przypadającego na dziecko, a dla dorosłego 20 m³/h. W analizowanym żłobku projektowany strumień powietrza świeżego wynosi zatem 255 m³/h. Przepisy mówią, że dopływ strumienia powietrza jako kompensacja dla wentylacji grawitacyjnej może odbywać się jedynie do wielkości dwóch wymian na godzinę. Oznacza to, że wentylacja grawitacyjna w analizowanych pomieszczeniach może być zastosowana przy kubaturze pomieszczeń, w których przebywają dzieci, wynoszącej 127,5 m³. Zwiększenie liczby wymian dozwolone jest dla pomieszczeń wykorzystywanych przez szkoły i przedszkola.

Analizowana część żłobka spełnia te wymagania przy uwzględnieniu faktu, że sala do leżakowania jest otwarta – wtedy kubatura wentylowana wynosi 145,5 m³. Jeżeli natomiast przyjąć, że sala leżakowania jest pomieszczeniem wydzielonym, kubatura wynosi 107 m³, co daje wymaganą krotkość 2,4 wymian/godzinę. Przekroczenie wymaganej liczby wymian występuje przy 13 dzieciach obecnych w grupie. W okresie badań tylko jednego dnia w grupie przebywało 11 dzieci, w pozostałe dni było ich mniej. W takim przypadku wymagany strumień powietrza wynosi 225 m³/h, co przy założeniu, że sala leżakowania jest zamknięta, daje 2,1 wymian/godzinę. Przy 10 dzieciach w sali wymóg dotyczący stosowania wentylacji grawitacyjnej jest więc spełniony.

Ponieważ od pracowników żłobka uzyskano informację, że maksymalna liczba dzieci wynosiła 10, a tylko w pojedyncze dni 11, można przyjąć, że wymagania stawiane takim budynkom

w warunkach technicznych [6] są spełnione, przy czym należy pamiętać, że przy większej liczbie osób przebywających w analizowanych pomieszczeniach wprowadzenie wentylacji mechanicznej jest koniecznością.

W obliczu konieczności otwierania nowych żłobków uchwalone zostało rozporządzenie w sprawie wymagań lokalowych i sanitarnych, jakie musi spełniać lokal, w którym ma być prowadzony żłobek lub klub dziecięcy [7]. Wytyczne dotyczące jakości powietrza oraz komfortu cieplnego są w nim następujące:

- powierzchnia przypadająca na pięcioro dzieci wynosi 16 m², a na każde kolejne dziecko przebywające w żłobku powyżej 5 h dziennie dodatkowo 2,5 m²,
- biorąc pod uwagę wymagania dotyczące minimalnej wysokości pomieszczenia wynoszące 2,5 m, kubatura pomieszczenia przypadająca na pięcioro dzieci to 40 m³, a na każde kolejne 6,3 m³,
- minimalna temperatura wewnętrzna wynosi 20°C,
- przy braku instalacji wentylacji mechanicznej co najmniej połowa powierzchni okien powinna mieć możliwość otwierania,
- wietrzenie powinno się odbywać cztery razy dziennie przez minimum 10 minut.

Pomieszczenia żłobkowe przeznaczone dla dzieci w opomiarowanej grupie spełniają powyższe wytyczne. Wymagana powierzchnia dla zapisanych 13 dzieci powinna wynosić 36 m², a kubatura 90 m³. Łączna powierzchnia pomieszczeń wg **tabeli 1** wynosi 60,9 m², a biorąc pod uwagę tylko pomieszczenia, w których w swobodny sposób mogą przemieszczać się dzieci, jest to 42,6/58,0 m². Kubatura wynosi odpowiednio 152,3 m³ oraz 107/145,5 m³. Również w zakresie dotyczącym wentylacji pomieszczeń warunki są spełnione. Wszystkie okna są otwierane, a wietrzenie pomieszczeń trwa łącznie dłużej niż 40 minut. Niekiedy jednak odbywały się jedynie trzy wietrzenia z uwagi na przebywanie dzieci w sali zabaw.

Pomimo spełnienia uproszczonych wymagań rozporządzenia dot. wymagań lokalowych dla żłobków [7] należy pamiętać o nadrzędnych przepisach, które muszą zostać spełnione w przypadku zmiany użytkowania budynków.

Normy dotyczące komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego dla obiektu żłobkowego

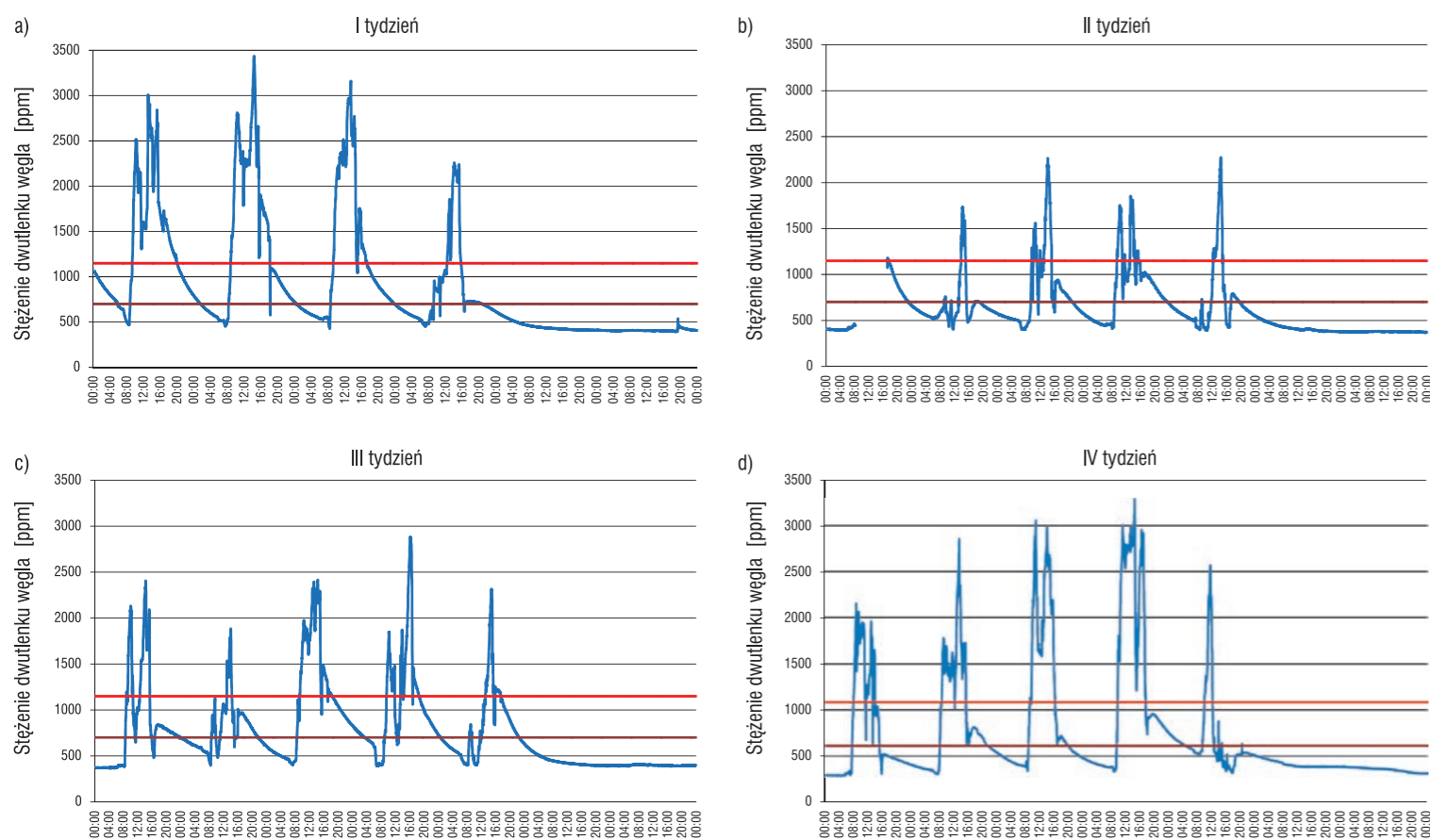
Z uwagi na trudność pomiaru strumienia powietrza wentylacyjnego, w celu określenia jakości powietrza można się posłużyć pomiarami np. stężenia dwutlenku węgla. Normy i rozporządzenia mówiące o komforcie cieplnym oraz o jakości powietrza przedstawili autorzy publikacji [2]. Pamiętać należy jednak, że nie są to normy obowiązkowe, ale pokazujące pewne wartości, dzięki którym dane pomieszczenie można przyporządkować do właściwej kategorii. Powołując się na normę PN-EN

15251:2012 [5], pomieszczenia przeznaczone na żłobek, czyli dla osób wrażliwych, powinny spełniać wymagania wysokie (kategoria pomieszczeń I), natomiast biorąc pod uwagę fakt, że żłobek mieści się w budynku istniejącym, można go przypisać do pomieszczeń kategorii III, czyli budynków o dopuszczalnym poziomie oczekiwań. W **tabeli 2** zestawiono parametry opisujące komfort cieplny i jakość powietrza, jakie powinny zostać spełnione dla analizowanego budynku.

Parametry powietrza wewnętrznego określa również polska norma PN-78/B-03421 [4]. Temperatura i wilgotność względna powietrza wewnętrznego dla pomieszczeń, w których przebywają ludzie o małej aktywności fizycznej, powinny się mieścić w okresie zimowym w zakresach odpowiednio 20–23°C oraz 40–60%, jednak dopuszczalna jest dolna wartość wilgotności względnej 30%.

Metodyka pomiarów i ich wyniki

Pomiary przeprowadzono w okresie 7–31 marca 2017 roku. Czujniki pomiarowe zlokalizowano na wysokości 1,2 m w miejscu pokazanym na **rys. 1**. Lokalizacja punktu pomiarowego była zgodna z zaleceniami normy [1]. Oczywiście lepszym miejscem byłby środek pomieszczenia, jednak z uwagi



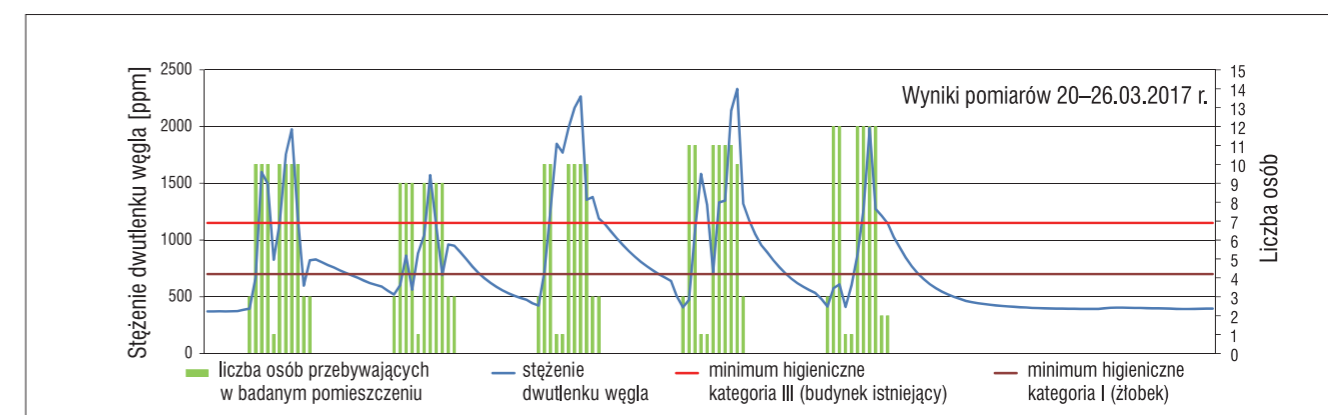
Rys. 3. Stężenie dwutlenku węgla w kolejnych tygodniach pomiarów

na charakter użytkowania pomieszczenia i bezpieczeństwo użytkowników nie było innej możliwości umieszczenia czujników. Sprzęt pomiarowy został tak umieszczony, żeby nie przeszkadzał w codziennym użytkowaniu.

Do pomiarów zastosowano miernik jakości powietrza o dokładności pomiarowej ± 50 ppm dla pomiaru stężenia dwutlenku węgla, $\pm 2\%$ dla pomiaru wilgotności względnej oraz $\pm 0,2^\circ\text{C}$ dla pomiaru temperatury. Dane zapisywano z częstotliwością jednej minuty.

Dwutlenek węgla

Na **rys. 3** i **4** przedstawiono zapis pomiarów stężenia dwutlenku węgla w okresie 4 tygodni oraz wartości określające właściwą jakość powietrza – kolorem bordowym dla budynku w kategorii I (żłobek) oraz kolorem czerwonym dla budynku kategorii III (budynek istniejący).



Rys. 4. Stężenie CO₂ oraz liczba dzieci w III tygodniu pomiarów

W każdym z analizowanych tygodni wartości maksymalnego stężenia CO₂ dla budynku istniejącego były znacznie przekroczone. Z wykresów można odczytać, że stężenie dwutlenku węgla gwałtownie rośnie w krótkim czasie po rozpoczęciu zajęć w sali zabaw, osiągając wartości maksymalne bardzo szybko, najczęściej już po 20 minutach. Widać zależność stężenia maksymalnego osiąganego w każdym dniu okresu pomiarowego od liczby dzieci przebywających w żłobku. Wartości rzędu 3000 ppm zostały osiągnięte wtedy, kiedy w sali przebywało powyżej dziewięciorga dzieci oraz trzy opiekunki. W drugim tygodniu badań frekwencja była najniższa (siedmiorgo dzieci), z wyjątkiem poniedziałku, jednak dla tego dnia nie są dostępne wyniki pomiarów z uwagi na przerwę w ich rejestracji spowodowaną koniecznością czytania pomiarów z tygodnia poprzedniego.

Krótkotrwałe okresy wietrzenia pomieszczenia, przed rozpoczęciem zajęć w sali oraz w czasie leżakowania dzieci, powodowały chwilowe obniżenie stężenia dwutlenku węgla. Po zakończeniu zajęć w sali stężenie dwutlenku węgla obniża się, osiągając po nocy wartość ok. 390 ppm, a po weekendzie (w poniedziałek rano) 360 ppm. Wynika to z faktu, że powietrze zewnętrzne dostaje się do pomieszczenia przez nieszczelności, jednak w przypadku znacznej emisji dwutlenku węgla

Tabela 2. Zestawienie parametrów środowiska wewnętrznego dla obiektu żłobkowego [5]

Parametr	Jednostka	Kategoria	
		I (żłobek)	III (budynek istniejący)
Temperatura operatywna, sezon grzewczy	°C	21	18
Temperatura operatywna, sezon chłodniczy	°C	25,5	27,0
Wilgotność względna	%	50	70
Strumień powietrza wynikający z emisji zanieczyszczeń	dm ³ /(s·m ²)	1,0	0,4
	m ³ /(h·m ²)	3,6	1,44
Stężenie CO ₂ powyżej stężenia w powietrzu zewnętrznym	ppm	350	800
Wynikowe stężenie CO ₂ uwzględniające stężenie w powietrzu zewnętrznym na poziomie 350 ppm	ppm	700	1150

w okresie użytkowania pomieszczenia ilość ta jest niewystarczająca, żeby utrzymać właściwe stężenie CO₂ wynikające z kryterium higienicznego.

W celu sprawdzenia przepływu powietrza przez kanał wentylacji grawitacyjnej umieszczony w pomieszczeniu kuchni zmierzono prędkość powietrza w kratce wywiewnej. Uzyskano średnią wartość strumienia wynoszącą 15 m³/h, zdecydowanie zbyt niską w przypadku takiego obciążenia pomieszczenia użytkownikami.

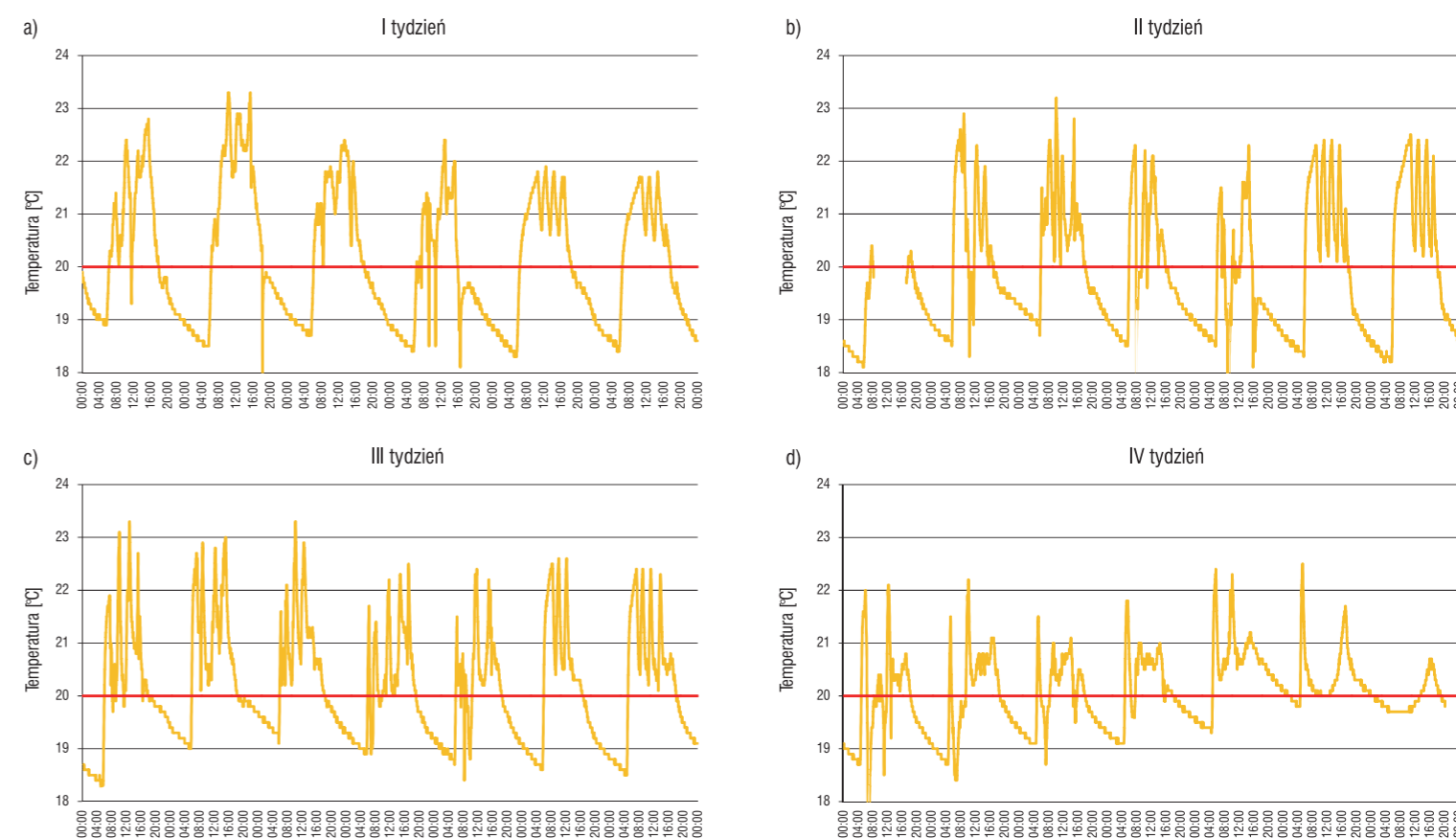
Biorąc pod uwagę kubaturę wewnętrzną analizowanych pomieszczeń, która wynosi 152,8 m³, można stwierdzić, że nawet przyjmowana obliczeniowo podczas projektowania budynku z przeznaczeniem na mieszkanie krotność wymian na poziomie 0,5 byłaby w tym przypadku niewystarczająca, ponieważ dawałaby strumień powietrza świeżego wynoszący 76,4 m³/h.

Analizując wartości przedstawione w tabeli 2 dotyczące minimalnego strumienia powietrza świeżego dla pomieszczeń różnej kategorii, można stwierdzić, że pomieszczenie żłobka nie mieści się nawet w kategorii III (czyli dla budynku istniejącego), dla którego wymagany strumień powietrza powinien wynosić 88 m³/h.

Temperatura powietrza wewnętrznego

Na rys. 5 przedstawiono przebieg zarejestrowanej temperatury powietrza wewnętrznego w okresie pomiarowym z podziałem na cztery tygodnie oraz temperaturę minimalną określoną w rozporządzeniu w sprawie wymagań lokalowych i sanitarnych [7].

Wyniki pomiarów pokazują, że temperatura powietrza wewnętrznego w okresie użytkowania budynku spełnia wszystkie wymagania: zarówno rozporządzenia w sprawie wymagań stawianym lokalom przeznaczonym na żłobek, jak i norm. Mieściła się w zakresie 20–23°C, co odpowiada parametrom określanym jako komfortowe dla okresu zimowego. Obniżenie temperatury po zakończeniu zajęć wiąże się z ustawionym na kotle centralnego ogrzewania obniżeniem nocnym, co ma



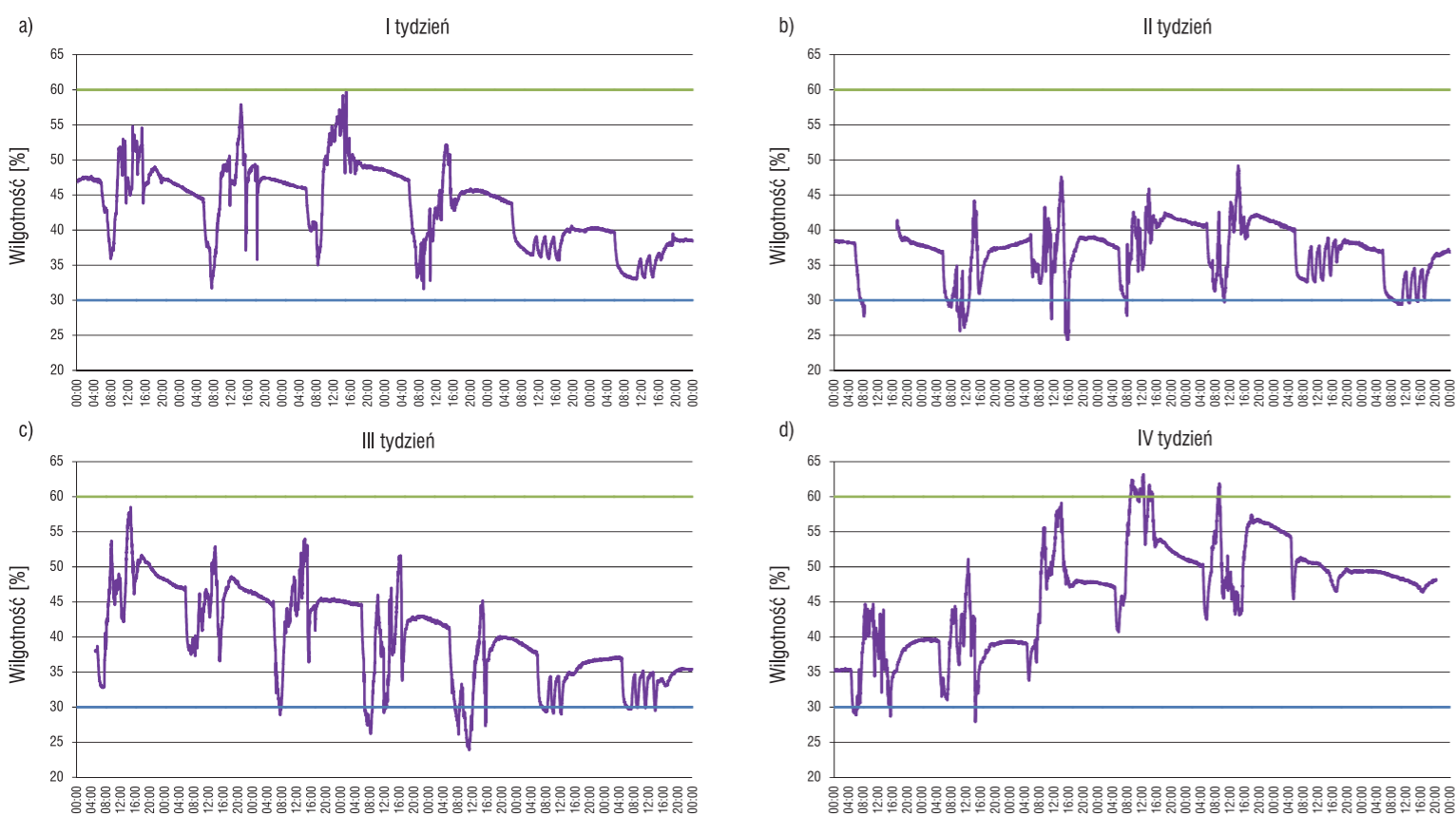
Rys. 5. Temperatura powietrza wewnętrznego w kolejnych tygodniach trwania pomiarów

skutkować mniejszym zużyciem gazu na cele ogrzewania i wentylacji naturalnej. Poranny wzrost temperatury odnotowywano od godziny 5:45. Wietrzenie pomieszczenia powodowało w niektórych dniach obniżenie temperatury poniżej 20°C, jednak było ono krótkotrwałe i nie powinno powodować dyskomfortu.

Wilgotność względna powietrza wewnętrznego

Na rys. 6 przedstawiono przebieg zarejestrowanej wilgotności względnej powietrza wewnętrznego w okresie pomiarowym z podziałem na cztery tygodnie oraz zakres wilgotności określony w normie [5].

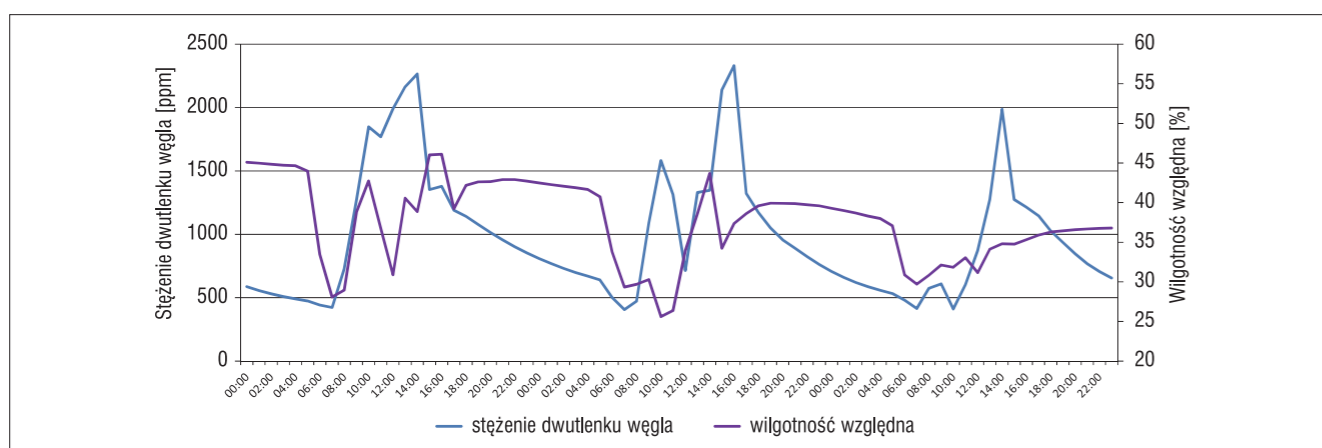
Zarejestrowane wyniki pokazują, że wilgotność względna mieści się w zalecanym normowym zakresie 30–60%. Wzrost wilgotności względnej można zaobserwować po pojawieniu się dzieci w sali w godzinach porannych. Wilgotność względna spada (również poniżej 30%) podczas wietrzenia pomieszczenia, jednak po jego zakończeniu szybko wzrasta. Analizując wyniki, można zauważyć pewną korelację wartości wilgotności względnej z liczbą dzieci. W tygodniu I i IV przy większej frekwencji wilgotność względna była wyższa, natomiast w tygodniu II i III niższa.



Rys. 6. Wilgotność względna powietrza wewnętrznego w kolejnych tygodniach trwania pomiarów

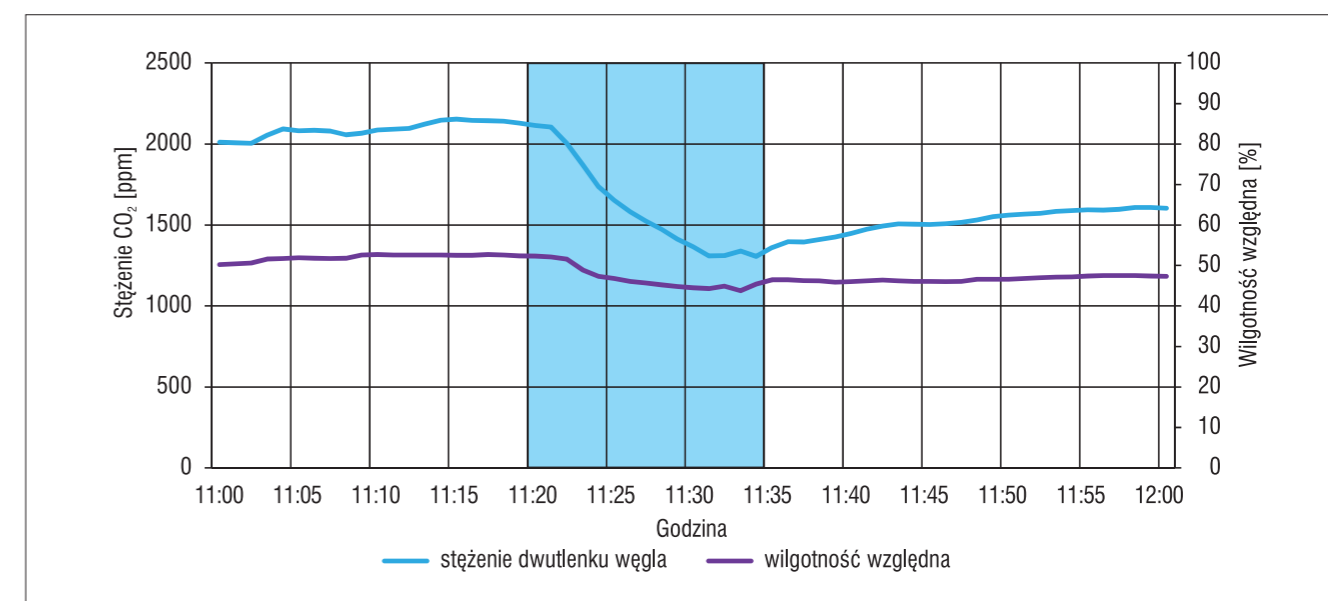
Zależność wilgotności względnej i stężenia dwutlenku węgla od liczby dzieci

Wyniki pomiarów wilgotności względnej oraz stężenia dwutlenku węgla wskazują na zależność wartości tych parametrów od liczby przebywających w pomieszczeniu osób. Na rys. 7 pokazano przebieg zarejestrowanych wartości wilgotności względnej oraz stężenia CO₂.



Rys. 7. Przebieg stężenia CO₂ i wilgotności względnej 23–25 marca 2017 r. (III tydzień pomiarów)

W przebiegu obu tych parametrów widać pewne zależności. Zarówno stężenie CO₂, jak i wilgotność względna wzrastają wraz z pojawieniem się w pomieszczeniu dzieci, ponieważ emisja CO₂ i wilgoci spowodowane są w tym przypadku przede wszystkim oddychaniem. Obydwa parametry obniżają swoją wartość podczas wietrzenia pomieszczenia (brak emisji), co pokazano również na rys. 8. Zmiany wartości parametrów na skutek wydarzeń w pomieszczeniu (pojawienie się użytkowników, opuszczenie sali, wietrzenie) są różne, ale na wykresie widać pewną tendencję. Na rysunku pokazano szczegółowo przebieg zarejestrowanego stężenia dwutlenku węgla oraz wilgotności względnej przed, w czasie i po wietrzeniu pomieszczenia 7 marca.



Rys. 8. Wilgotność względna powietrza i stężenie dwutlenku węgla w trakcie wietrzenia 7 marca 2017 w godzinach 11:15–11:30

Znajomość powyższej zależności może pomóc w rozwiązaniu problemów z jakością powietrza, głównie ze zbyt wysokim stężeniem dwutlenku węgla, ponieważ wentylatory z czujnikami wilgotności względnej (higrostatami) są rozwiązaniami tańszymi niż te z czujnikami dwutlenku węgla.

Wnioski

Rozporządzenie w sprawie wymagań lokalowych i sanitarnych, jakie musi spełniać lokal, w którym ma być prowadzony żłobek lub klub dziecięcy [7], określa wymogi w zakresie wentylowania pomieszczeń, jednak nawet ich spełnienie (przy jednoczesnym spełnieniu wymagań rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [6]), jak widać na podstawie przeprowadzonych pomiarów, nie gwarantuje zapewnienia właściwej jakości powietrza w pomieszczeniu. Pomimo wietrzenia pomieszczeń oraz odpowiedniej kubatury przypadającej na jedno dziecko stężenie dwutlenku węgla znacznie przekraczało zalecane wartości nawet trzykrotnie (3500 ppm, przy zalecanych 700

i 1150 ppm). Warto zwrócić uwagę, że kubatura opisywanego pomieszczenia jest odpowiednia dla liczby dzieci zapisanych do grupy, a przekroczenia występują nawet przy frekwencji niższej niż 50% – w te dni stężenie osiągało wartości przekraczające 2000 ppm, było zatem dwukrotnie większe od zalecanych.

Należy również zwrócić uwagę, że wietrzenie pomieszczenia, nawet dłuższe niż zalecane w rozporządzeniu [7] 10 minut, powoduje obniżenie stężenia CO₂ jedynie na krótki okres. Po wietrzeniu stężenie często mieściło się w zakresach zalecanych i zapewniających właściwą jakość powietrza, jednak znacznie i szybko wzrastało z chwilą ponownego pojawienia się dzieci w sali. Sugeruje to, że wietrzenie nie jest najlepszym rozwiązaniem poprawiającym jakość powietrza. W pomieszczeniach, w których przebywa duża liczba osób, obligatoryjne powinno być stosowanie wentylacji mechanicznej.

Literatura

1. ASHRAE 55:2004 *Thermal environmental conditions for human occupancy*.
2. Basińska, M., Michałkiewicz, M., Górzeński, R., *Przepisy i wymagania dotyczące komfortu termicznego, minimalnego strumienia powietrza, stężenia ditlenku węgla i pyłów*, „Rynek Instalacyjny” nr 5/2016, s. 54-58.
3. PN-B-03430:1983/Az3:2000 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*.
4. PN-78/B-03421 *Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi*.
5. PN-EN15251:2012 *Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę*.
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75/2002, poz. 690, z późn. zm.).
7. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 10 lipca 2014 r. w sprawie wymagań lokalowych i sanitarnych, jakie musi spełniać lokal, w którym ma być prowadzony żłobek lub klub dziecięcy (DzU 2014, poz. 925).
8. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (DzU nr 89/1994, poz. 414).

dr inż. Katarzyna Ratajczak

Instytut Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska

mgr inż. Szymon Łochyński

absolwent kierunku Inżynieria Środowiska Politechniki Poznańskiej



Rozwiązania systemów nawilżania do placówek przedszkolnych i żłobków.



• Nawilżanie adiabaticzne wysokociśnieniowe humiFog

• Nawilżanie izotermiczne elektrodowe compactSteam

• Stacje odwróconej osmozy



ALFACO POLSKA SP. Z O.O.
ul. Krakowska 141-155 | 50-428 Wrocław
tel. +48 71 340 05 75 | fax +48 71 335 21 42 | alfaco@alfaco.pl

carel.pl

Nawilżanie powietrza w żłobkach i przedszkolach



Kontrola i regulacja wilgotności powietrza ma znaczenie dla obiektów, w których przebywają dzieci, ponieważ ściśle wiążą się z nią warunki zdrowotne. W miejscach, w których przebywają dzieci, często w dużych grupach szybko przenoszone są zarazki. Kontrola wilgotności jest przede wszystkim istotna w hamowaniu wzrostu kolonii bakterii w budynku, ponieważ do ich rozwoju potrzebna jest woda i składniki odżywcze. Dlatego też należy unikać tworzenia się obszarów, w których wilgoć kondensuje się i tworzy zastoje wodne, na przykład w przewodach wentylacyjnych. Ponadto przy wzroście wilgotności względnej powyżej 80% przez dłuższy czas może tworzyć się pleśń, jak również może mieć miejsce kondensacja powierzchniowa, a w przypadku wdychania jej zarodniki stanowią zagrożenie dla zdrowia. Umożliwia to ustalenie maksymalnego limitu dla pożądanego zakresu wilgotności.

Jeśli w pomieszczeniu wilgotność względna wynosi od 40 do 60%, kropelki utrzymują w przybliżeniu tę samą wielkość ($\approx 100 \mu\text{m}$) i mają tendencję do wytrącania się znacznie szybciej. W przybliżeniu w odległości 1–2 m od źródła, gdzie można je skuteczniej wyeliminować tradycyjnymi metodami czyszczenia. Warto wspomnieć, że niska wilgotność powietrza może spowodować 3–7% spadek wydajności a nawet uczucie przemęczenia osób przebywających w pomieszczeniu. Objawy te nasilają się, gdy oprócz warunków niskiej wilgotności występują czynniki takie jak wysoka temperatura i zanieczyszczenie powietrza.

Optymalny zakres wilgotności określono na $40\% < \text{RH} < 60\%$, który jest taki sam jak poziom, który należy osiągnąć w celu ograniczenia ryzyka zakażenia ($40\% < \text{RH} < 60\%$) i pokrywa się z poziomem koniecznym do redukcji rozmnażania się pleśni ($\text{RH} < 80\%$).

Biorąc pod uwagę wszystkie skutki, jakie wilgotność względna ma na organizm człowieka można stwierdzić, że pożądaný zakres wilgotności i dla dobra komfortu wynosi dokładnie od 40 do 60%. W celu osiągnięcia zalecanych poziomów jakości powietrza konieczna jest wymiana powietrza wewnętrznego na świeże powietrze z zewnątrz. Przed wprowadzeniem powietrza do pomieszczenia należy jednak doprowadzić je do akceptowalnej temperatury, zazwyczaj między 20 a 24°C.

Wyobraźmy sobie na przykład scenariusz zimowy, zajmijmy się wyłącznie świeżym powietrzem z zewnątrz, które w związku z tym byłoby bardzo zimne i wilgotne (punkt A, temperatura = -5°C , wilgotność względna = 80%). Powietrze byłoby podgrzewane za pomocą nagrzewnicy w jednej z central wentylacyjnych, w której temperatura i wilgotność właściwa (masa pary wodnej w jednostce powietrza) pozostają na stałym poziomie (punkt B, temperatura = 22°C , wilgotność względna = 12%).

Wilgotność względna ciepłego powietrza (stosunek ilości pary wodnej w powietrzu do maksymalnej ilości, jaką może ono pomieścić) jest natomiast niższa. Spada ona od 80 do 12% bez konieczności pozbywania się wody! Powietrze podczas ogrzewania zwiększyło bowiem swoją maksymalną zdolność „zatrzymywania” w zawieszaniu kropelek wody tworzących wilgoć, a tym samym zmniejszyła się wilgotność względna, która wskazuje na maksymalną ilość pary wodnej jaką powietrze może zatrzymać.

Biorąc pod uwagę znaczenie utrzymania odpowiedniego poziomu wilgotności względnej, niezbędny jest system nawilżania, który utrzymuje wilgotność względną (i temperaturę) w odpowiednim zakresie. System może realizować nawilżanie adiabatyczne (opcja 1) poprzez rozpylanie mgły wodnej w powietrzu lub nawilżanie izotermiczne (opcja 2) poprzez wrzącą wodę i bezpośrednie wytwarzanie pary wodnej. Niezależnie od wybranej technologii system nawilżania będzie najprawdopodobniej działał bardziej intensywnie zimą, kiedy to system grzewczy wysusza powietrze.

Istnieją różne technologie nadające się do nawilżania pomieszczeń, ale niezależnie od nich, systemy zawsze składają się z następujących elementów:

- nawilżacz typu adiabatyicznego (produkcja wody nebulizowanej) lub izotermicznego (produkcja pary wodnej);
- system dystrybucji wytworzonej wilgoci. Obiekty często pobierają powietrze z zewnątrz, uzdatniają je i uwalniają do wnętrza pomieszczeń przez kanały wentylacyjne. W związku z tym systemy dystrybucji wilgoci muszą być umieszczane wewnątrz kanałów za wymiennikami ciepła. Systemy te są podłączone do nawilżacza i mogą składać się z przewodów rurowych z otworami i małymi dyszami rozpylającymi wodę pod ciśnieniem lub większych rur z otworami, które uwalniają parę bezpośrednio do kanałów. W innych przypadkach nawilżacz można zainstalować bezpośrednio wewnątrz kanału;
- na końcu sekcji nawilżania umieszczony jest odkraplacz, stosowany tylko z nawilżaczem adiabatyicznym. Zatrzymuje nadmiar wilgoci, która nie jest wchłaniana przez wodę i zapobiega jej stagnacji;
- system uzdatniania wody wlotowej do wody zasilającej. Nie jest on obowiązkowy, ale zalecany w zastosowaniach.

Nawilżacze izotermiczne

Izotermiczne nawilżacze doprowadzają wodę do wrzenia, która zamienia się w parę a następnie uwalniana do pomieszczeń. Energia potrzebna do zmiany stanu – około 750 W na litr odparowanej wody – jest dostarczana przez nawilżacz, zasilany elektrycznie lub z innych źródeł (metan lub LPG). System jest definiowany jako izotermiczny, ponieważ powietrze jest nawilżane i nie ulega znaczącym zmianom temperatury.

Nawilżacze izotermiczne są dość proste w instalacji, gwarantują higienicznie czystą parę wodną i mogą być stosowane zarówno do dystrybucji bezpośredniej, jak i przewodowej w centrali wentylacyjnej. Tego typu urządzenia nadają się również do wytwarzania bardzo małych ilości pary.

Główne ograniczenie technologii parowej jest związane z wysokim zużyciem energii i związanymi z nim wysokimi kosztami operacyjnymi, które mogą okazać się zbyt wysokie w przypadku znacznych obciążeń wilgotnościowych.



Na rynku dostępne są trzy główne rodzaje nawilżaczy izotermicznych: elektrodowe, grzałkowe, gazowe.

Nawilżacze adiabatyiczne

Nawilżacze adiabatyiczne powodują bezpośrednie odparowywanie wody do powietrza bez potrzeby zasilania zewnętrznego. Ciepło potrzebne do parowania jest dostarczane przez nawilżane powietrze, które następnie jest schładzane.

Urządzenia te tworzą znaczną powierzchnię międzyfazową pomiędzy powietrzem a wodą, która paruje samoistnie. Główną zaletą tych urządzeń jest bardzo niski pobór mocy: jedyna wymagana moc to ta potrzebna do rozpylania wody na małe kropelki o średnicy kilku mikronów.

W zimie nagrzewnica będzie musiała ogrzewać powietrze w większym stopniu względem nawilżania parowego, aby zrekompensować efekt chłodzenia spowodowany parowaniem, ale całkowite zużycie pozostaje niewielkie i jest jednym z najniższych w różnych dostępnych technologiach. Łatwiej efektem chłodzenia powietrza może posłużyć zwiększeniu energooszczędności, kiedy konieczne jest jednoczesne zastosowanie chłodzenia i nawilżania.

Najczęściej wykorzystywane technologie nawilżania adiabatyicznego: wysokociśnieniowe, ultradźwiękowe, typu „wet wall”.

Wymagania dotyczące systemu nawilżania

Ważne jest, aby wszystkie elementy systemu nawilżania, a w szczególności nawilżacze, spełniały szczególne wymagania, tak aby mogły być stosowane w środowiskach, w których przebywają dzieci. System nawilżania musi być zaprojektowany w taki sposób, aby nie powodował gromadzenia rozprzestrzeniania się bakterii i szkodliwych czynników wewnątrz pomieszczeń.

Ponadto należy kontrolować jakość wody zasilającej, ponieważ wszelkie nadmiary soli mineralnych i mikroorganizmów mogą przedostawać się do środowiska, jeżeli nie są filtrowane. Zaleca się zatem wykorzystanie oczyszczonej wody wytwarzanej w układach odwróconej osmozy. Technologia ta została opracowana na szeroką skalę i gwarantuje doskonałą wydajność filtracji.

Kolejną zaletą jest to, że nawilżacze są wykonane z materiałów odpornych na korozję, takich jak stal nierdzewna, które zapobiegają gromadzeniu się zanieczyszczeń.

Bezpieczeństwo można zapewnić stosując czujniki limitujące. Są to czujniki, które umieszczone w kanałach lub w pomieszczeniu, wykrywają przekroczenie ustawionej wartości progowej wilgotności. W takim przypadku produkcja zostaje wstrzymana, aby zapobiec kondensacji pary wodnej, ponieważ może ona stwarzać istotne zagrożenie dla higieny w przypadku nagromadzenia się wody

stojącej. Najbardziej zaawansowane modele obsługują modulujący odczyt czujnika, dzięki czemu produkcja jest ograniczana stopniowo wraz z osiągnięciem wartości progowej, co pozwala na uniknięcie nagłych przerw w pracy urządzenia, które mogą mieć niepożądane skutki.

W celu zapobiegania kondensacji niektóre nawilzacze są wyposażone w funkcję zdalnego włączania/wyłączania, która blokuje wytwarzanie wilgoci w przypadku, gdy system wentylacyjny kanału nie działa.

Należy również sprawdzić, czy urządzenie posiada certyfikaty wydane przez wyspecjalizowane instytucje, takie jak niemiecki VDI 6022, ponieważ są one dowodem na to, że producent zastosował rozwiązania gwarantujące higienę systemu.

Niezawodność

Przedszkola i żłobki są obiektami które muszą być niezawodne również w przypadku awarii, czynności konserwacyjnych lub nietypowych warunków pogodowych. W zimie wystarczy godzinna wymiana powietrza bez nawilżania, aby obniżyć poziom wilgotności poniżej progu alarmowego. Dlatego system nawilżania musi być niezawodny i minimalizować czas przestoju maszyny, aby zagwarantować absolutną ciągłość pracy.

Pierwszym zaleceniem jest wybór systemów, które minimalizują potrzebę przestojów koniecznych do przeprowadzenia czynności konserwacyjnych. Ogólnie rzecz biorąc, nawilzacze wymagające mniejszej konserwacji to nawilzacze pracujące z wodą oczyszczoną, ponieważ osadzanie się kamienia wapiennego jest mniej intensywne, dzięki czemu częste czyszczenie i/lub okresowe wymiany nie są potrzebne. Ten aspekt jest niekorzystny w przypadku niektórych technologii nawilżania, takich jak technologia elektrody zanurzonej, ze względu na fakt, że systemy tego typu nie mogą działać z wodą oczyszczoną i mogą wymagać częstych interwencji w celu wymiany/wyczyszczenia cylindrów.

Wyższa odczytywalność wskazań oznacza krótszy czas bezczynności, podczas którego maszyna jest aktywna, ale w rzeczywistości nie jest w stanie poradzić sobie z obciążeniem wilgocią. W przypadku nawilzaczy izotermicznych zaleca się stosowanie roztworów, które wstępnie podgrzewają wodę w cylindrze i zmniejszają częstotliwość płukania wody w celu uniknięcia osadzania się kamienia.

Zdecydowanie zaleca się stosowanie nawilzaczy wyposażonych w funkcje rotacji i redundancji. Funkcja rotacji umożliwia zmianę pracy nawilzaczy w taki sposób, aby ich działanie było ciągłe a okresy pomiędzy przeglądami były dłuższe. Funkcja redundancji umożliwia nieprzerwane działanie. W przypadku przestoju urządzenia z powodu konserwacji lub nieprawidłowego działania,

produkcja pary wodnej nie jest przerywana, ponieważ inne nawilzacze w systemie zapewniają jej właściwy poziom.

System nawilżania o obu tych cechach (praca z oczyszczoną wodą i z funkcjami rotacji/redukcji) jest idealnym rozwiązaniem zapewniającym niezawodność – produkcja wilgoci nie jest przerywana, nawet podczas konserwacji.

Oszczędność energii

Instalacja wydajnych systemów zużywających mniej energii przynosi podwójną korzyść: oszczędność kosztów operacyjnych oraz zgodność z najnowszymi przepisami dotyczącymi klimatyzacji. Niektóre technologie i nawilzacze dostępne na rynku wyposażone są w specjalne funkcje, które rekompensują wyższy koszt inwestycji większą oszczędnością w dłuższej perspektywie czasu.

Nawilzacze izotermiczne są na ogół bardziej energochłonne w porównaniu z innymi technologiami, ponieważ do działania wymagają zagotowania wody, do czego potrzebują około 750 W na litr odparowanej wody na godzinę.

Nawilzacze grzałkowe lub elektrodowe są zasilane energią elektryczną i dlatego generują wysokie koszty operacyjne w zamian za wysoką wydajność.

Nawilzacze gazowe zużywają tyle samo energii, ale ich paliwo kosztuje mniej, więc są zdecydowanie bardziej konkurencyjne w przypadku dużych obciążeń wilgocią wymaganych przez centrale wentylacyjne.

Nawilzacze adiabatyczne są lepsze pod względem zużycia energii, ponieważ energia potrzebna do zasilania wysokociśnieniowych pomp rozpylaczy (< 4 W) i do wytwarzania drgań przetworników w przypadku nawilzaczy ultradźwiękowych (< 80 W) jest bardzo niska. Pomimo niewielkiej mocy potrzebnej do zasilania pomp niskociśnieniowych, nawilzacze z wkładem nawilżającym znacznie zwiększają pobór mocy wentylatorów przy stałym wzroście strat obciążeniowych.

Jeśli chcą Państwo w miesiącach letnich skorzystać z funkcji chłodzenia wyparnego, to idealnym rozwiązaniem są nawilzacze adiabatyczne. Ten rodzaj urządzeń gwarantuje najlepsze osiągnięcia w ciepłym i suchym środowisku, ponieważ nawilża i chłodzi powietrze, maksymalizując jednocześnie oszczędność energii. Efekt chłodzenia wynosi 0,7 kW na każdy litr odparowanej wody, zapewniając bardzo niskie zużycie energii.

Możliwość łączności

Funkcje łączności nie są kwestią najistotniejszą, niemniej jednak są one jego niezaprzeczalną zaletą, której znaczenie jest coraz większe ze względu na wzrastające zapotrzebowanie na konieczność

zarządzania, kontrolowania i zbierania informacji w złożonych instalacjach charakteryzujących się różnymi nastawami.

Dlatego coraz częściej spotykane są systemy HVAC zarządzane przez system BMS (Building Management System), który monitoruje również system nawilżania, zapewniając w ten sposób scentralizowane zarządzanie w wielu lokalizacjach. W tym kontekście istotne jest, aby nawilzacze obsługiwały najpopularniejsze protokoły komunikacyjne, takie jak Modbus i BACnet.

Niektóre z najnowocześniejszych nawilzaczy wyposażone są również w zintegrowany serwer WWW. Jest to system, który umożliwia zarządzanie, nadzór i monitorowanie całego systemu nawilżania w sieci lokalnej bezpośrednio z komputera PC lub tabletu. Po podłączeniu do odpowiedniego systemu nadzoru, można nim również zarządzać zdalnie, co ułatwia monitorowanie wielu jednostek zainstalowanych w obiektach przedszkolnych.

Systemy dystrybucji pary wodnej/mgły

Systemy dystrybucji wilgoci są praktycznie zawsze umieszczone w przewodzie i składają się z różnego rodzaju przewodów rurowych z otworami w zależności od tego, czy są one zasilane wodą pod ciśnieniem, czy parą.

Ich skuteczność polega na wydajności absorpcji, która jest bardzo ważnym parametrem mierzącym ilość wody faktycznie zaabsorbowanej przez powietrze w stosunku do całkowitej ilości wody wprowadzanej do kanału. Niezabsorbowana mgła lub para, która ponownie się kondensuje w kontakcie z powierzchnią, stanowi zarówno stratę energii, jak i zagrożenie dla higieny kanałów.

Instalacje dystrybucji wody pod ciśnieniem powinny być wykonane ze stali nierdzewnej i dostosowane do wymiarów kanałów. Dysze powinny być małe, liczne i właściwie rozmieszczone, aby zwilżyć większą część przekroju bez konieczności przeznaczania długiej części przewodu do absorpcji.

Systemy dystrybucji pary mają zazwyczaj wyższą wydajność absorpcji, ale powodują ponowną kondensację pary, gdy wejdzie ona w kontakt z chłodnymi powierzchniami metalowymi dystrybutora. Aby ograniczyć to zjawisko, niektóre dystrybutory wyposażone są w separatory kondensatu będące elementem systemu nawilżania. Dysze pobierające parę ze środka lanc, warstwy izolacyjne lub poduszki powietrzne chroniące powierzchnię zewnętrzną przed nadmiernymi spadkami temperatury.

Systemy uzdatniania wody

Systemy uzdatniania wody poprawiają jakość wody wlotowej w celu poprawy funkcjonowania nawilzaczy, a przede wszystkim w celu poprawy końcowej jakości powietrza. W związku z tym systemy

uzdatniania wody muszą być zawsze połączone z nawilzaczami adiabaticznymi lub niektórymi rodzajami nawilzaczy izotermicznych.

Główne metody uzdatniania stosowane w nawilżaniu to zmiękczenie i odwrócona osmoza.

Kryteria wyboru nawilzacza

Najlepszy system nawilżania zależy od charakterystyki każdej instalacji, jednak można wziąć pod uwagę kilka kwestii związanych z wybraną technologią.

Ogólnie rzecz biorąc, nawilzacze adiabaticzne charakteryzują się bardzo niskimi kosztami eksploatacji, wyższymi kosztami inwestycyjnymi i wymagają większych odległości absorpcji wewnątrz kanałów. W porównaniu z nawilzaczami ultradźwiękowymi, wysokociśnieniowe charakteryzują się średnimi kosztami na litr/godzinę i są bardziej odpowiednie do zastosowań o wysokiej wydajności. Ponadto niektóre modele mogą nawilżać zarówno powietrze nawiewane bezpośrednio (sezon zimowy), jak i powietrze powrotne pośrednio (sezon letni) za pomocą jednej pompy.

Nawilzacze izotermiczne charakteryzują się niższymi kosztami inwestycyjnymi, ale znacznie wyższymi kosztami eksploatacyjnymi, dlatego są preferowane dla małych i średnich wydajności lub w przypadku, gdy wymagają tego normy. W większych instalacjach zalecane są nawilzacze gazowe, ponieważ nawilzacze z elektrodami zanurzonymi i grzałkami zużywają dużo energii elektrycznej. Różnice pomiędzy tymi ostatnimi zależą w dużej mierze od wybranego modelu, ale można powiedzieć, że nawilzacze grzałkowe są łatwiejsze w utrzymaniu i bardziej elastyczne pod względem wody zasilającej i modulacji. Wymagają one jednak większych inwestycji początkowych.

Niezależnie od wybranej technologii warto pamiętać o sprawdzeniu czy urządzenie jest wyposażone w rozwiązania spełniające wymagania higieniczne i niezawodnościowe oraz potrzeby w zakresie energooszczędności.

Nawilżanie jest aspektem ważniejszym niż można by sądzić ze względu na jego ogromny wpływ na rozwój patogenów i przenoszenie zakażeń; dobre samopoczucie i funkcjonowanie dzieci i personelu.

W miarę możliwości należy wybierać nawilzacze adiabaticzne lub wysoko sprawne nawilzacze izotermiczne, ponieważ łączą one w sobie potrzeby nawilżania z oszczędnością energii, która ma zostać osiągnięta w obiektach zużywających energię.

Alfaco Polska Sp. z o.o.
ul. Krakowska 141-155, 50-428 Wrocław
tel. 71 340 05 75, fax 71 335 21 42
alfaco@alfaco.pl, www.carel.pl



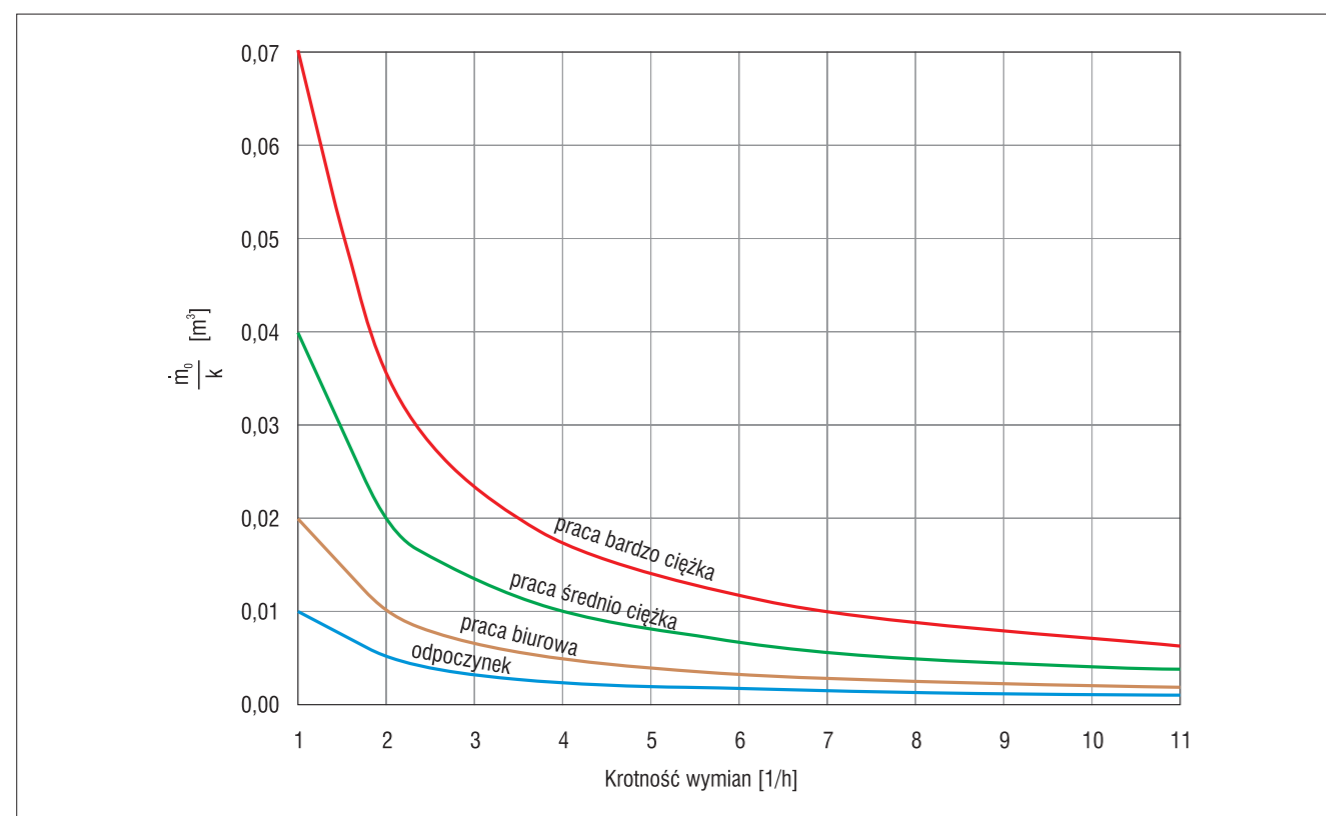
Wentylacja szkolnych sal gimnastycznych

Jednym z obowiązków szkół publicznych jest konieczność zapewnienia uczniom miejsca i warunków do realizacji zajęć wychowania fizycznego. Miejscami takimi są szkolne boiska sportowe i sale gimnastyczne. W artykule omówiono wentylację małych, szkolnych sal gimnastycznych, problemy z nią związane i sposoby ich rozwiązywania.

W szkołach zazwyczaj występują dwa rodzaje sal gimnastycznych:

- typowe szkolne sale sportowe, tzw. małe sale gimnastyczne lub sportowe, przeznaczone wyłącznie do zajęć wychowania fizycznego;
- szkolne sale sportowe przeznaczone również do zawodów sportowych i wykorzystywania nie tylko w celach związanych z edukacją, tzw. duże sale sportowe.

Małe sale gimnastyczne mają zazwyczaj wymiary nie większe niż 18×33×7,5 m, a ich kubatura nie przekracza 5000 m³. Jednak w wielu szkołach wiejskich i w małych miastach są one znacznie mniejsze, a ich kubatura wynosi ok. 1000 m³. Małe sale gimnastyczne są bardziej narażone na występowanie w nich niepożądanych zjawisk, a także problemy z utrzymaniem odpowiedniego



Rys. 1. Nomogram do obliczania stężenia dwutlenku węgla w wentylowanym pomieszczeniu [5, 6]

mikroklimatu. Stopień wykorzystania sali gimnastycznej oraz liczba uczniów biorących jednocześnie udział w zajęciach wychowania fizycznego mają znaczący wpływ na warunki środowiska wewnętrznego. Oczywiście dla zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza wewnątrz obiektu najbardziej istotna jest wentylacja pomieszczenia. Warunki panujące w sali gimnastycznej powinny zapewniać uczniom komfort cieplny, dlatego zalecana minimalna temperatura nie powinna być w nich niższa niż 16°C.

Emisja zanieczyszczeń

Głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza w sali gimnastycznej są przebywający w niej ludzie. W wyniku zwiększonej aktywności fizycznej wzrasta częstotliwość oddychania uczniów i wzmaga się wydzielanie potu. W związku z tym, rozważając zagadnienie wentylacji pomieszczenia, należy zwrócić uwagę przede wszystkim na stężenie dwutlenku węgla w powietrzu, zawartość wilgoci, zyski ciepła i występowanie nieprzyjemnych zapachów.

Stężenie dwutlenku węgla

Zawartość CO₂ w powietrzu zewnętrznym wynosi ok. 370 ppm. W miastach i na obszarach przemysłowych ilość dwutlenku węgla może dochodzić do ok. 400 ppm. W odróżnieniu od stężenia w powietrzu zewnętrznym, zmiany którego zachodzą stosunkowo wolno, stężenie dwutlenku węgla w powietrzu pomieszczeń zamkniętych może zmieniać się dość znacznie w krótkim okresie [3]. Jednocześnie biorąc pod uwagę, że organizm ludzki ma pewne możliwości adaptacyjne, dzięki czemu może dostosować się krótkotrwale do stężenia ok. 0,15%, duże stężenia dwutlenku węgla oddziałują niekorzystnie na człowieka i są dla niego szkodliwe. Zatem w pomieszczeniach, w których przebywają ludzie, nadmierne stężenie dwutlenku węgla uważane jest za zanieczyszczenie. Ze względów zdrowotnych koncentracja CO₂ w pomieszczeniu powinna być jak najbardziej zbliżona do stężenia tego gazu w powietrzu zewnętrznym [4].

Szacuje się, że człowiek w czasie odpoczynku wydziela w ciągu godziny ok. 10–12 litrów dwutlenku węgla, natomiast podczas wysiłku fizycznego ilość wydzielanego CO₂ wzrasta od czterech do sześciu razy [5]. Emisja dwutlenku węgla przez człowieka zależy od jego aktywności fizycznej i np. szacuje się, że podczas snu jest to ok. 10 l/h, podczas pracy umysłowej ok. 23 l/h, podczas średnio ciężkiej pracy fizycznej ok. 40 l/h, a podczas bardzo ciężkiej pracy fizycznej ok. 70 l/h [6].

W pomieszczeniach, w których przebywają ludzie, zaleca się, żeby stężenie dwutlenku węgla nie przekraczało 1000 ppm – tzw. wskaźnika Pettenkoffera. Krótkotrwały wzrost stężenia CO₂ powyżej 1000 ppm u ludzi zdrowych nie powoduje zazwyczaj, poza uczuciem duszności, znużeniem i obniżeniem koncentracji, niebezpiecznych dla życia reakcji organizmu. Stężenia powyżej 5000 ppm

przy dłuższym oddziaływaniu mogą spowodować zaburzenia świadomości i omdlenia. Na ogół w pomieszczeniach, w których przebywają ludzie, przy dostarczaniu świeżego powietrza w ilości 32 m³/h na osobę dorosłą, nieobciążoną dużym wysiłkiem fizycznym, zachowuje się poziom stężenia poniżej 1000 ppm.

Znaczący wpływ na stężenie dwutlenku węgla w pomieszczeniu ma jego wentylacja. Stężenie CO₂ w stanie ustalonym dla $t \rightarrow \infty$ [5]:

$$S_{(t \rightarrow \infty)} = 10^6 \frac{\dot{m}}{\dot{V}} + S_n = 10^6 \frac{n}{V_p} \left(\frac{\dot{m}_0}{k} \right) + S_n \text{ [ppm]} \quad (1)$$

gdzie:

$S_{(t \rightarrow \infty)}$ – stężenie dwutlenku węgla po ustaleniu się stanu równowagi, ppm;

S_n – naturalne stężenie dwutlenku węgla w środowisku, ppm;

\dot{V} – ilość powietrza wentylacyjnego, m³/h;

V_p – kubatura pomieszczenia, m³;

\dot{m} – wielkość emisji dwutlenku węgla w pomieszczeniu, m³/h;

\dot{m}_0 – wielkość emisji dwutlenku węgla od jednego człowieka, m³/h;

n – liczba osób;

k – krotność wymian, 1/h.

Czynnik $\left(\frac{\dot{m}_0}{k}\right)$ powyższego równania przedstawiono na **rys. 1**.

Przykłady:

A. Liczba osób: 30, praca: średnio ciężka, kubatura pomieszczenia: 1000 m³, krotność wymian: 2, recyrkulacja: brak, początkowe stężenie CO₂ w pomieszczeniu oraz stężenie CO₂ w powietrzu doprowadzanym: 370 ppm.

$$S_{(t \rightarrow \infty)} = 10^6 \frac{n}{V_p} \left(\frac{\dot{m}_0}{k} \right) + S_n = 10^6 \frac{30}{1000} (0,02) + 370 = 970 \text{ [ppm]}$$

B. Liczba osób: 30, praca: średnio ciężka, kubatura pomieszczenia: 1000 m³, krotność wymian: 1, recyrkulacja: brak, początkowe stężenie CO₂ w pomieszczeniu oraz stężenie CO₂ w powietrzu doprowadzanym: 370 ppm.

$$S_{(t \rightarrow \infty)} = 10^6 \frac{n}{V_p} \left(\frac{\dot{m}_0}{k} \right) + S_n = 10^6 \frac{30}{1000} (0,04) + 370 = 1570 \text{ [ppm]}$$

Jak można zauważyć, brak odpowiedniej wentylacji znacząco zwiększa stężenie CO₂ w pomieszczeniu, w którym przebywają ludzie.

Zawartość wilgoci w powietrzu sali gimnastycznej

Podobnie jak w przypadku stężenia dwutlenku węgla w powietrzu w pomieszczeniu, również w przypadku wilgoci głównym źródłem emisji są uczniowie. Emisja wilgoci do powietrza jest związana z intensywnością ćwiczeń fizycznych. Należy również pamiętać, że w razie podwyższenia temperatury w sali gimnastycznej intensywność wydzielania potu przez uczniów wzrośnie, gdyż jest on naturalnym czynnikiem biorącym udział w ochładzaniu ciała. Ilość emitowanej pary wodnej przez człowieka wynosi 30–410 g/h, do nawet 580 g/h podczas dużego wysiłku fizycznego. Emisję wilgoci \dot{W}_L od ludzi, często nazywaną również zyskami wilgoci od ludzi, można obliczyć na podstawie wzoru:

$$\dot{W}_L = k \cdot n \cdot w \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \quad (2)$$

gdzie:

k – współczynnik jednoczesności przebywania ludzi;

n – liczba osób;

w – jednostkowy strumień emitowanej wilgoci od osoby przebywającej w pomieszczeniu, kg/h.

Ilość powietrza wentylacyjnego w zależności od obciążenia wilgocią można obliczyć ze wzoru [1]:

$$\dot{V} = \frac{W}{\rho_w \cdot (x_w - x_n)} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (3)$$

gdzie:

W – strumień pary wodnej generowany w pomieszczeniu, kg/h;

x_w – zawartość wilgoci w powietrzu wywiewanym, kg_{par}/kg_{powietrza suchego};

x_n – zawartość wilgoci w powietrzu nawiewanym, kg_{par}/kg_{powietrza suchego};

ρ_w – gęstość powietrza wilgotnego, kg/m³.

W ciągu całego roku zawartość wilgoci w powietrzu wewnętrznym pomieszczeń jest wyższa niż w powietrzu zewnętrznym. W związku z tym następuje przepływ dyfuzyjny pary wodnej na zewnątrz [2].

Przykład:

C. Liczba osób: 30, praca: średnio ciężka, kubatura pomieszczenia: 1000 m³, ilość wilgoci emitowanej od osoby: 300 g/h, zawartość wilgoci w powietrzu zewnętrznym: 2,5 g/kg, zawartość wilgoci w powietrzu wywiewanym: 10 g/kg.

$$\dot{W}_L = 1 \cdot 30 \cdot 0,3 = 9 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$\dot{V} = \frac{9}{1,2 \cdot (0,01 - 0,0025)} = 1000 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

Jak można zauważyć na powyższym przykładzie, dla takiej kubatury i przy tej liczbie osób na sali do odprowadzenia wilgoci powinna wystarczyć sprawnie działająca wentylacja grawitacyjna zapewniająca dwie wymiany powietrza na godzinę. Porównując z poprzednim przykładami – obciążenie wilgocią jest mniej uciążliwe od obciążenia dwutlenkiem węgla. Niestety w wielu przypadkach, gdy na ścianach sali gimnastycznej pojawiają się grzyby pleśniowe, można domniemywać, że wentylacja pomieszczenia praktycznie nie istnieje lub sala gimnastyczna jest niedogrzana – zimne powierzchnie ścian sprzyjają wykraplaniu się wilgoci. W razie pojawienia się pleśni na ścianach obiektu należy dokładnie przyjrzeć się zarówno temperaturze powierzchni (ogrzewanie pomieszczenia), jak i skuteczności wentylacji pomieszczenia.

Emisja nieprzyjemnych zapachów

Emisja nieprzyjemnych zapachów z ciała człowieka wzrasta wraz z intensywnością wysiłku. Wpływ na tę intensywność ma również czystość ciała i ubrania, a zatem higiena osobista. Jednak podczas wysiłku fizycznego dominującymi zanieczyszczeniami powietrza są inne czynniki (para wodna, dwutlenek węgla), dlatego w większości przypadków zagwarantowanie niskiego poziomu stężenia CO₂ w sali sportowej wystarcza do zmniejszenia wpływu emisji nieprzyjemnych zapachów na ćwiczących.

Ilość powietrza zewnętrznego niezbędna do usunięcia zapachów wytworzonych przez człowieka i utrzymania przez niego higieny waha się na ogół w granicach 10–50 m³/h na osobę [1]. Oczywiście nieprzyjemne zapachy mogą być wydzielane również przez wyposażenie sali, jednak mają one na ogół marginalne znaczenie.

Emisja i zyski ciepła

Emisja ciepła przez człowieka zależy od stopnia jego aktywności fizycznej. Człowiek jest organizmem stałocieplnym i niezależnie od znacznych nawet wahań temperatury otoczenia utrzymuje stałą wewnętrzną temperaturę ciała. Ciepło wytwarzane jest w ciele człowieka nieprzerwanie.

Główną pozycją w bilansie cieplnym organizmu jest energia z przemiany chemicznej pokarmu. Całkowita ilość ciepła wytwarzana w wyniku metabolizmu zależy od wykonywanych przez człowieka czynności. Całkowite zyski ciepła od człowieka w zależności od intensywności pracy zawierają się na ogół w przedziale 90–290 W [1].

Wymiana ciepła pomiędzy pomieszczeniem a otoczeniem zachodzi w wyniku przenikania ciepła przez przegrody, tzn. przez ściany, strop i podłogę, w mniejszym zaś stopniu w wyniku wypromieniowania ciepła. Intensywność wymiany zależy m.in. od różnicy temperatur pomiędzy pomieszczeniem a otoczeniem, współczynnika przewodzenia ciepła związanego z rodzajem materiału konstrukcyjnego,

z jakiego wykonane są przegrody, oraz zastosowanych izolacji cieplnych, a także od powierzchni wymiany ciepła i intensywności omywania ścian przez powietrze. Wpływ na zapotrzebowanie na ciepło ma również wiatr (infiltracja), a intensywność wymiany powietrza i związane z tym straty ciepłe zależą od szczelności pomieszczenia oraz prędkości i kierunku wiatru.

W okresie zimowym sale gimnastyczne powinny być dogrzewane, natomiast latem temperatury w nich panujące niejednokrotnie są za wysokie dla utrzymania komfortu cieplnego, gdyż w większości przypadków brakuje instalacji klimatyzacyjnych. Biorąc jednak pod uwagę, że największe zyski ciepła występują w naszym klimacie w okresie lipiec–sierpień, a więc podczas letnich wakacji, nie są one znaczącym wyznacznikiem jakości dla tego typu obiektów szkolnych. Wykorzystanie sal gimnastycznych jest intensywne w okresie październik–kwiecień, gdy warunki zewnętrzne nie sprzyjają prowadzeniu zajęć wychowania fizycznego na świeżym powietrzu.

Zagrożenia związane z niedostateczną wentylacją

Wśród zagrożeń, które wiążą się z niedostateczną wentylacją szkolnych sal gimnastycznych, możemy wyróżnić:

- a) zagrożenia wpływające na osoby przebywające w środowisku sali, związane głównie ze szkodliwym oddziaływaniem na zdrowie uczniów i nauczycieli oraz niezapewnieniem im odpowiednich warunków higienicznych i komfortu cieplnego;
- b) zagrożenia wpływające na stan techniczny i higieniczny obiektu i jego wyposażenia: wykraplanie się wilgoci na chłodnych powierzchniach, zagrzybienie przegród budowlanych, uszkodzenia parkietu.

W pierwszym przypadku brak odpowiedniej wentylacji pogarsza jakość powietrza wewnętrznego, którym oddychają ludzie, a jednocześnie zła jakość powietrza przyczynia się do pogorszenia stanu obiektu, np. poprzez wzrost jego zawilgocenia. Wzrost zawartości wilgoci w powietrzu wewnętrznym przy niedostatecznej wentylacji sprzyja wykraplaniu wilgoci na zimnych powierzchniach (punkt rosy), a to z kolei przyczynia się do pojawiania grzybów pleśniowych na przegrodach budowlanych i wyposażeniu. Występowanie grzybów pleśniowych i emisja ich zarodników do powietrza w takich warunkach sprawia, że mogą one zajmować znaczne powierzchnie.

Punkt rosy oznacza stan dla takiej temperatury powietrza, dla której ciśnienie cząstkowe pary wodnej zawartej w powietrzu jest równe ciśnieniu nasycenia pary. W przypadku dalszego obniżania temperatury powietrza nastąpi wykraplanie się wilgoci, zatem jest to stan, od którego rozpoczyna się skraplanie pary wodnej (w powietrzu tworzy się mgła) [2]. Osiągnięcie punktu rosy oznacza, że przy danej temperaturze i ciśnieniu powietrze nie może pochłonąć już więcej wilgoci, czyli zostało nasycone.

Wysoka wilgotność powietrza w pomieszczeniach zamkniętych sprzyja występowaniu kondensacji na powierzchniach przegród. W wyniku tego następuje niszczenie powłok malarskich i tynkarskich oraz rozwija się pleśń. Wilgoć na powierzchni przegrody budowlanej pojawia się w momentach, gdy powierzchnia ta osiąga temperaturę punktu rosy. Aby nie następowało wykraplanie się wilgoci na powierzchniach przegród budowlanych, temperatura wewnętrznej powierzchni przegród (ścian zewnętrznych) powinna być wyższa przynajmniej o 1°C od temperatury punktu rosy [2].

Poza występowaniem kondensacji na powierzchni przegród budowlanych istnieje ryzyko wykraplania się wilgoci we wnętrzach przegród. Wśród materiałów stosowanych na przegrody budowlane wyróżnia się materiały higroskopijne i niehigroskopijne. Większość z nich ma strukturę porowatą, która umożliwia przenoszenie wilgoci, choć proces ten jest często skomplikowany i zależy od rozmiarów kapilar.

Wzrost zawartości wilgoci w powietrzu sprawia, że materiały higroskopijne zaczynają pochłaniać znaczne jej ilości. Materiałem takim jest np. drewno w postaci klepek, z których wykonuje się parkiet. Pochłanianie wilgoci przez materiały higroskopijne powoduje ich pęcznienie, zwiększając się ich wymiary liniowe i masa. Niestety pochłanianie wilgoci przez klepkę parkietową wpływa niekorzystnie na stan powierzchni parkietu, pojawiają się nierówności, spaczenie, aż w końcu parkiet nie nadaje się do użytku. W przypadku stropów drewnianych istnieje ryzyko zwiększenia ich masy, co może być ostatecznie przyczyną nawet katastrofy budowlanej. Sytuację pogarsza izolacja termiczna wykonana w sposób uniemożliwiający odparowywanie pochłoniętej wilgoci na zewnątrz obiektu. Częstymi przyczynami kondensacji wilgoci na przegrodach budowlanych są: wadliwie wykonane przegrody w zakresie zastosowania paroizolacji i izolacji termicznych, występujące mostki termiczne, duża emisja wilgoci w pomieszczeniu przy jednocześnie niedostatecznie działającej wentylacji [2].

Ze względów bezpieczeństwa zdrowotnego uczniów i nauczycieli, a także ze względu na samą konstrukcję obiektu należy zadbać o właściwą wentylację sali gimnastycznej. Podstawową metodą poprawienia jakości powietrza w pomieszczeniu jest doprowadzenie czystego powietrza w celu rozcieńczenia i wyprowadzenia zanieczyszczeń, a więc konieczne jest zapewnienie prawidłowej wentylacji pomieszczenia [4]. Wentylacja sali może być realizowana w dwojaki sposób, a mianowicie jako wentylacja:

- naturalna, w której ruch powietrza wywołują czynniki naturalne, takie jak np. działanie wiatru, różnica temperatury,
- mechaniczna, w której ruch powietrza wywołany jest pracą wentylatorów.

Wentylacja naturalna i wentylacja mechaniczna

Wentylacja naturalna polega na wymianie powietrza w pomieszczeniach w wyniku oddziaływania na budynek czynników atmosferycznych, takich jak temperatura, wiatr i nasłonecznienie. Różnica temperatury pomiędzy powietrzem wewnątrz i na zewnątrz budynku wpływa na powstanie różnicy gęstości powietrza. W wyniku tej różnicy powietrze jest wprawiane w ruch. Ciepłe powietrze z uwagi na mniejszą gęstość unosi się do góry, natomiast zimne powietrze opada. Do wentylacji naturalnej zalicza się: wentylację grawitacyjną, przewietrzanie, infiltrację, eksfiltrację i aerację [5].

Infiltracja i eksfiltracja są spowodowane różnicą temperatury powietrza, a tym samym gęstością powietrza w pomieszczeniu i na zewnątrz pomieszczenia oraz nadciśnieniem wywołanym przez parcie wiatru na przegrody zewnętrzne. Wielkość wymiany powietrza zależy od stopnia szczelności przegród. Infiltracja w okresie zimowym odgrywa znacznie większą rolę niż latem. W budynkach starych z nieuszczelną stolarką może powodować 1–1,5 wymiany na godzinę, a przy znacznym naporze wiatru nawet do trzech wymian na godzinę. W przypadku stolarki o przeciętnej szczelności infiltracja może powodować ok. 1 wymianę na godzinę, a dla bardzo szczelnych okien i drzwi krotność wymian powietrza w pomieszczeniach spowodowana infiltracją może wynosić zaledwie 0,1–0,2 h⁻¹ [1].

Najbardziej popularną formą zaplanowanej wentylacji naturalnej jest pionowa wentylacja grawitacyjna, wykorzystująca tzw. efekt kominowy, oraz wentylacja pozioma, wykorzystująca efekt naporu wiatru – w wyniku oddziaływania wiatru na budynek od strony napływu powstaje nadciśnienie, po przeciwnej stronie podciśnienie, a istotną rolę w powstawaniu tej różnicy ciśnień ma prędkość wiatru i geometria budynku.

W wentylacji grawitacyjnej całkowita różnica ciśnień panujących u wlotu i wylotu kominu wentylacyjnego wynosi [5]:

$$\Delta p = h(\rho_z - \rho_w)g \text{ [Pa]} \quad (4)$$

gdzie:

g – przyspieszenie ziemskie, m/s²;

h – wysokość kominu wentylacyjnego, m;

ρ_z – gęstość powietrza zewnętrznego, kg/m³;

ρ_w – gęstość powietrza wewnętrznego, kg/m³.

Powyższa różnica ciśnień wywołuje przepływ powietrza w przewodzie kominowym. Na wyższych kondygnacjach wielkość różnicy ciśnień maleje wraz ze zmniejszaniem się wysokości przewodu kominowego, by dla ostatniej kondygnacji, gdzie wysokość przewodu wynosi np. ok. 1,5 m, osiągnąć wartość $\Delta p < 1$ Pa, co nie umożliwia uzyskaniażądanego przepływu powietrza. Często

optymistycznie przyjmuje się, że w pomieszczeniach z dobrze zaprojektowaną wentylacją grawitacyjną krotność wymian powietrza wynosi ok. 2 h^{-1} . Działanie wentylacji grawitacyjnej ustaje w przypadku bardzo szczelnych pomieszczeń, a duże nieszczelności w budynkach mogą powodować zaburzenia w jej działaniu.

Ruch powietrza w kominie wentylacyjnym powstaje, gdy temperatura powietrza w pomieszczeniu różni się od temperatury zewnętrznej. Jeśli temperatury te są sobie równe, przepływ ustaje, a po odwróceniu temperatur odwróceniu ulega również przepływ powietrza w kominie. Poprawę działania wentylacji grawitacyjnej osiąga się, stosując tzw. wywietrzaki zainstalowane na zakończeniu komina wentylacyjnego, które pod wpływem oddziaływania wiatru zwiększają różnicę ciśnień. Niestety podczas bezwietrznej pogody wywietrzaki nie działają, lecz stają się dodatkowym elementem zwiększającym opór przepływu [5].

Jednym z najprostszych i często stosowanych sposobów wymiany powietrza w pomieszczeniu jest przewietrzanie, polegające na otwieraniu okien i drzwi. Przeciwdziałanie niekorzystnym zmianom mikroklimatu polega na wietrzeniu pomieszczeń [7]. Według [8] pomieszczenia w szkołach, w których odbywają się zajęcia, powinny być wietrzone podczas każdej przerwy, a jeżeli istnieje taka konieczność, również podczas zajęć.

Otwieranie okien w salach gimnastycznych może być jednak utrudnione, jeżeli ich zabezpieczenie w postaci krat zostało nieprzemyślane podczas montażu. Zbyt blisko umiejscowione kraty mogą uniemożliwiać otwieranie okien, a nawet ich uchylanie.

W przypadku niezadowolających efektów działania wentylacji naturalnej obiektu należy zastosować wentylację mechaniczną. W odróżnieniu od nieprzewidywalnej wentylacji naturalnej, wentylacja mechaniczna może być prowadzona w sposób w pełni kontrolowany. Wentylacja mechaniczna polega na wymuszeniu przepływu powietrza za pomocą wentylatorów. W salach sportowych zastosowanie znajduje wentylacja mechaniczna:

- a) wywiewna, w której wentylatory usuwają powietrze zużyte, a dopływ świeżego powietrza odbywa się w sposób naturalny poprzez nieszczelności i/lub nawiewniki;
- b) nawiewno-wywiewna, w której nawiew i wywiew powietrza realizowane są za pomocą wentylatorów.

Zastosowanie wentylacji mechanicznej umożliwia kontrolowanie wymiany powietrza w pomieszczeniu. Można dzięki niej osiągnąć większą krotność wymian powietrza i większe prędkości przepływu powietrza. Za pomocą wentylacji mechanicznej można również realizować dogrzewanie pomieszczenia.

Pełną jednak kontrolę nad parametrami ciepłno-wilgotnościowymi umożliwia zastosowanie klimatyzacji-wentylacji pomieszczenia. Za pomocą tej instalacji można utrzymywać zarówno temperaturę, jak i wilgotność na zadanym poziomie. Niestety inwestorzy często rezygnują z tego

rozwiązania, gdyż koszt inwestycyjny i późniejsze koszty eksploatacyjne są wyższe niż w przypadku utrzymania instalacji wentylacji mechanicznej.

Odgrzybianie przegród budowlanych

Często spotykanym zjawiskiem występującym w szkolnych salach sportowych jest zagrzybienie ścian, które niestety w wielu przypadkach jest skutkiem nieprawidłowej eksploatacji obiektu, np. podejmowania niewłaściwych działań związanych z oszczędzaniem energii cieplnej. Stosowanie metod skupiających się wyłącznie na usuwaniu pleśni poprzez spryskiwanie środkiem grzybobójczym przynosi zazwyczaj krótkotrwały efekt jej usunięcia i po krótkim czasie problem pojawia się ponownie. Opryski te powinny być prowadzone jedynie w okresie niewykorzystywania sali gimnastycznej, np. podczas ferii, wakacji, przerw świątecznych, gdyż opary tych związków oddziałują niekorzystnie na człowieka.

Poprawę sytuacji w przypadku zawilgocenia obiektu może zagwarantować jedynie jednocześnie:

- a) usprawnienie wentylacji pomieszczenia,
- b) osuszenie przegród budowlanych (np. poprzez ogrzewanie całego pomieszczenia z intensywną wentylacją, kierowanie strumienia powietrza bezpośrednio w miejsca zagrzybione i usuwanie powietrza zużytego),
- c) zastosowanie środków grzybobójczych na powierzchniach skolonizowanych przez grzyby pleśniowe,
- d) utrzymywanie temperatury powierzchni przegród budowlanych powyżej temperatury punktu rosy.

Podsumowanie

Istotą prawidłowego działania wentylacji jest skuteczne usuwanie wraz z wywiewanym powietrzem nadmiaru zanieczyszczeń, w tym wilgoci, dwutlenku węgla i zapachów, dlatego konieczna jest dbałość o jej sprawne działanie. Na zapewnienie prawidłowej wentylacji należy szczególną uwagę zwracać podczas prac termomodernizacyjnych, gdyż zwiększenie szczelności termicznej obiektu często powoduje zaburzenie działania wentylacji, a nawet może być przyczyną jej zaniku. Tak też dzieje się w przypadku szczelnej stolarki okiennej i drzwiowej, która przy zastosowaniu wentylacji grawitacyjnej redukuje wymianę powietrza w pomieszczeniach.

Jakkolwiek woda w postaci pary wodnej występuje naturalnie w powietrzu wewnętrznym pomieszczeń, w przypadku znacznych wartości wilgotności powietrza istnieje ryzyko jej wykroplenia na chłodnych powierzchniach obiektu budowlanego. Jest to sytuacja niekorzystna, gdyż sprzyja

rozwojowi grzybów pleśniowych. Pojawienie się nadmiaru wilgoci w przegrodach budowlanych jest również niepożądane, gdyż zawilgocenie przegród sprzyja zwiększeniu intensywności procesów korozyjnych (korozja mechaniczna, biologiczna, chemiczna), pogorszeniu właściwości fizyko-mechanicznych materiałów oraz stanu higieniczno-sanitarnego pomieszczeń [2]. Zwiększenie wilgotności przegród intensyfikuje wymianę ciepła i zwiększa straty ciepła w okresie zimowym.

Według normy [9] pomieszczenia przeznaczone do stałego i czasowego pobytu ludzi powinny mieć zapewniony dopływ co najmniej 20 m³/h powietrza zewnętrznego dla każdej przebywającej w nich osoby dorosłej i 15 m³/h dla dziecka, natomiast pokoje klimatyzowane oraz wentylowane o nietwieranych oknach – co najmniej 30 m³/h na każdą osobę. Dla porównania wg ASHRAE (USA) strumień świeżego powietrza dostarczany do pomieszczenia dla jednej osoby nie powinien być mniejszy niż 36 m³/h.

Należy pamiętać, że niedopuszczalne jest zasłanianie kratki wentylacyjnych, tym bardziej kiedy w sali gimnastycznej stosowana jest wyłącznie wentylacja grawitacyjna.

Zastosowanie wentylacji mechanicznej lub klimatyzacji-wentylacji i prawidłowa ich eksploatacja umożliwia utrzymywanie parametrów ciepłno-wilgotnościowych powietrza w pomieszczeniu i jakości tego powietrza na odpowiednim poziomie. Właściwy mikroklimat w szkolnych salach gimnastycznych niewątpliwie wpływa pozytywnie na ćwiczących uczniów.

Literatura

1. Kaiser K., *Wentylacja i klimatyzacja. Wymagania prawne, projektowanie, eksploatacja*, Wyd. Masta, Gdańsk 2015.
2. Kaiser K., *Kondensacja wilgoci na powierzchni i we wnętrzu przegród budowlanych*, „TCHiK” nr 6-7/2014, s. 248-253.
3. Kaiser K., *Oddziaływanie dwutlenku węgla na organizm człowieka i stężenie CO₂ w pomieszczeniach wentylowanych*, „TCHiK” nr 6-7/2015, s. 229-237.
4. Kaiser K., *Mikroklimat sal lekcyjnych*, „TCHiK” nr 1-2/2017, s. 7-12.
5. Kaiser K., Wolski A., *Hałas i zanieczyszczenia w wentylacji*, Wyd. Masta, Gdańsk 2011.
6. Kaiser K., Wolski A., *Wentylacja mechaniczna pomieszczeń usługowych: zakładów fryzjerskich, kosmetycznych, tatuażu i odnowy biologicznej*, „TCHiK” nr 6-7/2008, s. 253-265.
7. Wolański N. red., *Biomedyczne podstawy rozwoju i wychowania*, PWN, Warszawa 1979.
8. Pośniak M., Jankowska E., Kowalska J., Golofit-Szymczak M., Jankowski T., *Kształtowanie jakości powietrza w pomieszczeniach szkolnych*, CIOP, Warszawa 2010.
9. PN-83/B-03430/Az:2000 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej*.

Krzysztof Kaiser

Wellisair

AKTYWNA DEKONTAMINACJA

www.wellisair.pl

✉ biuro@wellisair.pl

AKTYWNY OCZYSZCZACZ POWIETRZA I POWIERZCHNI.

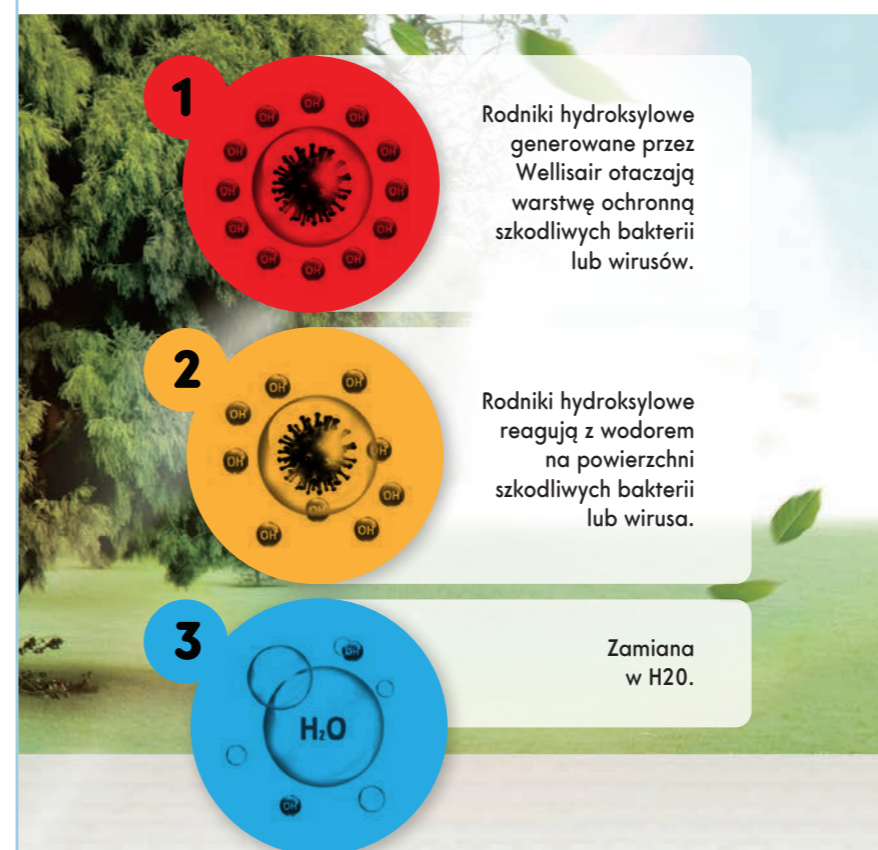
Skuteczna dezynfekcja i dezodoryzacja.

Prosta obsługa.

Kompaktowy rozmiar.



Zasada działania:



Technologia przetestowana w laboratoriach i prestiżowych uniwersytetach. Certyfikaty bezpieczeństwa. Więcej informacji na stronie internetowej: www.wellisair.pl.



intertek
Total Quality. Assured.



Nowoczesna wentylacja w placówkach edukacyjnych

Stały dopływ świeżego powietrza do pomieszczeń to warunek zapewnienia komfortu osób w nich przebywających oraz utrzymania w odpowiednim stanie technicznym całego budynku. Sprawa oczywista dla większości mieszkańców domów czy mieszkań, staje się jednak nie do końca oczywista osobom zarządzającym placówkami edukacyjnymi, jakimi są żłobki, przedszkola czy szkoły. A przecież to właśnie w tych miejscach znaczącą część dnia spędzają dzieci, którym zdrowe otoczenie niezbędne jest do prawidłowego rozwoju fizycznego i intelektualnego.

Dostęp do świeżego powietrza a koncentracja uczniów

Człowiek potrzebuje do oddychania około 20 m³ świeżego powietrza na godzinę. Jeśli te warunki nie zostaną zapewnione, to żyjemy w zależności od sytuacji – w mniejszym lub większym stopniu – w „komorze gazowej”. Warunki tej komory tworzą się nie tyle przez wyczerpywanie się tlenu, co



Prywatna Szkoła Podstawowa i Gimnazjum SALWATOR w Krakowie – dostawa dwóch central wentylacyjnych DNWB z odzyskiem ciepła o łącznej wydajności 19 000 m³/h

przez zwiększenie wilgoci, zawartość w powietrzu bakterii, wirusów i innych zanieczyszczeń oraz nadmiernych ilości dwutlenku węgla. I na dwutlenku węgla powinniśmy skupić swoją uwagę, gdyż jest on gazem trującym.

W wydychanym powietrzu stężenie dwutlenku węgla wynosi ok. 3%. Przebywając w pomieszczeniu zamkniętym o powierzchni 20 m² (przykładowa sala lekcyjna), całkowicie pozbawionym wentylacji, już po godzinie może występować niedotlenienie naszego organizmu, a po 4 godzinach przebywania w nim następuje umieranie komórek mózgowych oraz pojawiają się objawy zmęczenia i bóle głowy. Po 8 godzinach stężenie dwutlenku węgla przekroczy poziom 1%, co skutkuje zaburzeniami w myśleniu. Nie dziwnym jest więc dzieciom, które przebywając w zamkniętych klasach, po dwóch kwadransach zasypiają i tracą koncentrację, irytując tym nauczycieli.

O efektywności pracy uczniów przebywających w zróżnicowanych warunkach pracy przeprowadzono już wiele badań. Wnioski są jednoznaczne: ludzie przebywający w korzystnych warunkach osiągają znacznie lepsze wyniki w nauce i w sporcie, są wydajniejsi i rzadziej zapadają na choroby. Sami pewnie pamiętamy ze szkolnych lat, jak wywietrzenie klasy sprawiało, że czuliśmy się pobudzeni, mieliśmy „świeższe” spojrzenie na omawiany temat i ogólnie byliśmy bardziej chętni do pracy. Takie chwilowe orzeźwienie miało najczęściej miejsce w okresach wiosennych. Dlaczego? Otóż w okresach chłodnych okna były szczelnie pozamykane, a intensywne wietrzenie klas po każdych zajęciach nie miało miejsca z uwagi na wychłodzenie pomieszczeń. Podobnie sytuacja wygląda dzisiaj. Nauczyciele stoją przed decyzją czy wietrzyć klasę i pozbawić uczniów komfortu termicznego, ryzykując przy tym ich zdrowie i narażając na przeziębienie, czy nie wietrzyć i przebywać w dusznej sali, pośród ospałych uczniów.



Budynek usługowo-oświatowy w Kleosinie – dostawa centrali wentylacyjnej z wymiennikiem obrotowym VEBAR CR oraz podwieszanej centrali VENA Optima VOV o łącznej wydajności 4700 m³/h

Koszty ogrzewania placówek użyteczności publicznej, w tym również szkół, stanowią poważny wydatek z budżetów jednostek nimi zarządzających. Z tego powodu szczególny nacisk kładzie się na ich minimalizowanie, dlatego też w ostatnich latach mamy do czynienia z licznymi programami termomodernizacji w postaci ocieplenia i uszczelnienia budynków, często pomijając przy tym wymianę lub modernizację instalacji wentylacji. W efekcie budynki są całkowicie pozbawiane prawidłowo działającej wentylacji grawitacyjnej. Należy podkreślić, iż ten stan rzeczy w znacznym stopniu dotyczy obiektów już użytkowanych, wybudowanych w latach 80., czy nawet wcześniej. W nowo powstających szkołach sytuacja wygląda lepiej, gdyż zazwyczaj mają już zaprojektowane układy w oparciu o wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła.

Jakość powietrza w szkołach – pomijany problem?



Przedszkole w Warszawie – dostawa sekcyjnej centrali wentylacyjnej VEBAR CR z wymiennikiem obrotowym o wydajności 5500 m³/h

Mimo iż świadomość społeczeństwa w kwestii zdrowej wentylacji wydaje się być na coraz wyższym poziomie, odnosi się wrażenie, że jeśli chodzi o kwestię odpowiedniej wentylacji w budynkach przeznaczonych na inne cele niż mieszkaniowe, wiedza nie jest zbyt duża. W mediach temat jakości powietrza pojawia się najczęściej w kontekście smogu lub – w ostatnim czasie – kontekście koronawirusa. Dlatego dotychczas nie mówiło się głośno o jakości powietrza, jakim oddychają uczniowie, mimo iż wiele osób zdaje sobie sprawę z istoty problemu? Być może to kwestia tego, że jeśli nie buduje się „dla siebie”, to mniejszą uwagę poświęca się rozważaniom, w jaki sposób dany budynek będzie użytkowany i jakie warunki bytowe będą w nim odczuwalne. Być może to również kwestia związana z faktem, że zapewnienie dobrej jakości powietrza w budynkach edukacyjnych, to niemałe wyzwanie stojące przed projektantem, szczególnie jeśli weźmiemy pod uwagę, że wiele budynków szkolnych powstało kilkadziesiąt lat temu, kiedy problem nie był jeszcze

dostrzegany. Dotychczas ciężko było znaleźć konkretne przepisy regulujące jakie warunki powinny być zapewnione, jakie urządzenia należy zastosować i jakie parametry tychże powinny być spełnione. Często również niska świadomość osób decyzyjnych i ograniczenia budżetowe stawały na przeszkodzie w realizacji pierwotnych założeń.

Zmiana przepisów nadzieją na poprawę sytuacji

Szansą na poprawę obecnej sytuacji są zmieniające się przepisy, które doprecyzują jakie warunki będą musiały spełniać budynki przeznaczone na placówki opiekuńcze i edukacyjne. W Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422 i z 2017 r. poz. 2285) znajdują się konkretne wytyczne, są to m.in.:

§ 147. 1. Wentylacja i klimatyzacja powinny zapewniać odpowiednią jakość środowiska wewnętrznego, w tym wielkość wymiany powietrza, jego czystość, temperaturę, wilgotność względną, prędkość ruchu w pomieszczeniu, przy zachowaniu przepisów odrębnych i wymagań Polskich Norm dotyczących wentylacji, a także warunków bezpieczeństwa pożarowego i wymagań akustycznych określonych w rozporządzeniu.

§ 148. 1.97. Wentylację mechaniczną wywiewną lub nawiewno-wywiewną należy stosować w budynkach wysokich i wysokościowych oraz w innych budynkach, w których zapewnienie odpowiedniej wymiany powietrza nie jest możliwe za pomocą wentylacji grawitacyjnej lub wentylacji hybrydowej. W pozostałych budynkach może być stosowana wentylacja grawitacyjna lub hybrydowa.

Wymagania dla budynków użyteczności publicznej: strumień objętości powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach przeznaczonych na stały i czasowy pobyt ludzi powinien wynosić:

- 20 m³/h dla każdej przebywającej osoby,
- 15 m³/h dla każdego dziecka (żłobki i przedszkola).

Nowoczesna wentylacja szansą na lepsze jutro

Jako producent central wentylacyjnych w swojej ofercie posiadamy szereg rozwiązań, które od lat z powodzeniem stosujemy w placówkach edukacyjnych i opiekuńczych. Portfolio Firmy BARTOSZ zawiera dostawę central do przedszkoli, żłobków, szkół, uczelni wyższych czy licznych obiektów sportowych (hale sportowe, stadiony, baseny miejskie), z których korzystają nie tylko dzieci i młodzież, ale również dorośli. Zastosowanie produkowanych przez nas central wentylacyjnych VEBAR

pozwała na zapewnienie powietrza najwyższej jakości. Mówimy tu o nieprzerwanej wymianie powietrza w klasach na świeże, jego dokładnej filtracji, dogrzewaniu czy chłodzeniu. Centrale VEBAR wyposażone są w inteligentny system sterowania, za pomocą którego możliwe jest ustawienie zmiennej wydajności, programowanie trybów pracy, czy monitorowanie wszystkich central znajdujących się w budynku.

Z naszych doświadczeń wynika, iż sporym wyzwaniem okazuje się właśnie system sterowania, który należy prawidłowo zaprogramować i użytkować, tak aby osiągnąć maksimum korzyści płynących z posiadanego układu wentylacji, w tym również ekonomicznych. Oczywiście zawsze użytkowanie centrali wentylacyjnych będzie wiązało się ze zużyciem energii, jednak można i należy to zoptymalizować. Takim sposobem jest wyeliminowanie konieczności ingerencji pracowników oświaty (nauczycieli) w układ sterowania, gdyż ich zadaniem nie jest pełna znajomość systemu wentylacji oraz zależności, jakie muszą być spełnione, aby osiągnąć cel w postaci „zdrowego środowiska pracy” dla siebie i uczniów.

Najprostszym rozwiązaniem jest wykonanie wentylacji jako strefowej, w której każda klasa to odrębna strefa. Umożliwia to osiągnięcie odmiennych warunków w każdej strefie, w zależności od



Uniwersytet Rzeszowski - Zakład Nauk o Człowieku – dostawa 4 central wentylacyjnych z odzyskiem ciepła VEBAR WS wyposażonych w wymienniki spiralne, o łącznej wydajności 16 530 m³/h oraz higienicznej centrali VEBAR G z wymiennikiem glikolowym o wydajności 9780 m³/h

tego, czy dana sala/strefa jest obecnie użytkowana, czy też nie. Od prowadzącego zajęcia wymagane jest jedynie „potwierdzenie użytkowania” – np. poprzez naciśnięcie przycisku „wentylacja”. Istnieje również możliwość uruchomienia pracy strefy wentylacyjnej wraz z np. włączeniem oświetlenia, jednak w zmiennych warunkach oświetlenia danej sali dydaktycznej nie jest to rozwiązanie zalecane (np. w okresach wystarczającego natężenia oświetlenia naturalnego dziennego i braku konieczności stosowania oświetlenia sztucznego). Praca central VEBAR w takim układzie polega na utrzymywaniu „przepływu dyżurnego”, a w momencie uruchomienia strefy zwiększenia przepływu powietrza celem pokrycia zwiększonego zapotrzebowania. Układ taki daje wymierne korzyści eksploatacyjne w postaci zapewnienia wentylacji w całym budynku: w stopniu minimalnym i niezbędnym w pomieszczeniach nieużytkowanych, a w części, gdzie przebywają ludzie precyzyjnego zwiększenia stopnia wentylacji i poprawy komfortu.

Jeszcze skuteczniejsze działanie w postaci optymalizacji pracy strefy zapewni wyposażenie każdej z nich w dodatkowe czujniki np. CO₂, od których uzależni się pracę wentylacji. W takim rozwiązaniu osiąga się w pełni automatyczny tryb pracy – tzn. wentylacja i jej wydajność uzależnione są od jakości powietrza w danym pomieszczeniu, co w realiach szkół, w których mamy do czynienia ze zmiennymi w postaci różnej liczby uczniów, różnych grup wiekowych i różnymi potrzebami, wydaje się rozwiązaniem najkorzystniejszym i zawsze trafiającym w punkt bieżących potrzeb.

Układ sterowania centralami Firmy BARTOSZ zapewnia również możliwość zaprogramowania bardziej intensywnego przewietrzania pomieszczeń np. podczas przerw pomiędzy zajęciami, bez konieczności otwierania okien i nadmiernego wychładzania budynku.

W momencie zapewnienia komfortu w postaci wydajnej i niskoenergetycznej wentylacji „wisienką na torcie” jest oczywiście wyposażenie centrali/strefy w elementy umożliwiające zmianę pozostałych parametrów powietrza wentylacyjnego w postaci jego temperatury, wilgotności, a więc elementy klimatyzacji. Oczywiście jest,



Budynek Laboratoryjno-Badawczy Wydział Architektury Politechniki Białostockiej – dostawa dwóch central wentylacyjnych o łącznej wydajności 1400 m³/h. Sterowanie wpięte do nadrzędnego systemu inteligentnego budynku

iz powietrze na cele wentylacji nie zapewni nam możliwości pełnej klimatyzacji pomieszczeń, stanowić może jednak znaczące możliwości obniżenia jej ewentualnych kosztów.

Wszystkie opisane powyżej możliwości są już znane i stosowane, najczęściej jednak są realizowane poprzez niezależne od dostawcy centrali oprogramowanie zarządzające, w którego gestii jest również sterowanie pracą centrali wentylacyjnej. Układy produkowane przez Firmę BARTOSZ to całkowite i kompletne systemy z zakresu sterowania wentylacji i klimatyzacji, ale również umożliwiające ich dalszą rozbudowę w kierunku pełnego i inteligentnego zarządzania budynkiem.

Dopełnieniem proponowanych rozwiązań jest nadzór on-line nad pracą central, co zmniejsza konieczność angażowania pracowników szkolnictwa w ich obsługę. Serwis Firmy BARTOSZ może kontaktować się ze wskazanymi i upoważnionymi osobami w zakresie administracji danej placówki w przypadku konieczności wykonania przeglądu, wymiany filtrów lub gdy centrala zgłosi błąd, lub zasygnalizuje pojawienie się usterki. Takie rozwiązanie oraz możliwość uzyskania wydłużenia gwarancji powoduje możliwość długoletniego i bezproblemowego użytkowania nowoczesnego systemu wentylacji.

Zastosowanie wentylacji z odzyskiem ciepła w oparciu o know-how Firmy BARTOSZ zapewnia efekt skutecznego i precyzyjnego dostarczania świeżego powietrza w placówkach edukacyjnych i opiekuńczych. Niejednokrotnie podejmowaliśmy wyzwania, które polegały nie tylko budowie nowych systemów wentylacji, lecz również realizacji inwestycji związanych z modernizacją systemów już istniejących i dostosowaniem ich do dzisiejszych realiów. Efektem naszych działań są dziesiątki inwestycji w całym kraju, które wyposażyliśmy w centrale wentylacyjne godne nowoczesnych standardów stosowanych w budownictwie.

Firma BARTOSZ Sp.j. Bujwicki, Sobiech
ul. Sejneńska 7, 15-399 Białystok
tel. 85 745 57 12, fax 85 745 57 11
wentylacja@bartosz.com.pl
www.bartoszwentylacja.com.pl

BARTOSZ



BARTOSZ
—jakość od 30 lat



CENTRALE WENTYLACYJNE Z ODZYSKIEM CIEPŁA VEBAR i VENA

- CENTRALE WENTYLACYJNE ZE WSZYSTKIMI WYMIENNIKAMI CIEPŁA DOSTĘPNYMI NA RYNKU
- SZEROKIE MOŻLIWOŚCI KONFIGURACJI (SEKCYJNE, MONOBLOK, PLUG&PLAY)
- DOSTĘPNE W WYKONANIU HIGIENICZNYM, BASENOWYM, PRZECIWWYBUCHOWYM (EX)
- INDYWIDUALNE ROZWIĄZANIA TECHNOLOGICZNE O WYDAJNOŚCI NAWET DO 100 000 m³/h
- CERTYFIKAT PZH, TUV RHEINLAND, ISO 9001:2015

**POLSKI
PRODUCENT**

Stan systemu wentylacyjnego w budynku edukacyjnym i jego wpływ na jakość powietrza – analiza przypadku

W analizowanym obiekcie pomimo modernizacji instalacja wentylacji naturalnej nie spełniła swojej funkcji. Poprawa układu wywiewnego bez prawidłowego doprowadzenia odpowiedniej ilości świeżego powietrza zewnętrznego nie skutkuje polepszeniem jakości powietrza wewnętrznego. W obiektach szkolnych o zakresie prac modernizacyjnych decydują często ograniczone środki inwestycyjne, a w trakcie eksploatacji wentylacja pomieszczeń jest nierzadko świadomie ograniczana w celu obniżenia kosztów ogrzewania budynku.

Jakość powietrza w budynkach szkolnych

Na każdym szczeblu można doszukać się wymagań sprzyjających dobrej jakości powietrza w obiektach edukacyjnych, jednak w rzeczywistości luki w zarządzeniach wykonawczych oraz brak precyzji w ich interpretacji, szczególnie w zakresie prowadzenia kontroli, sprawiają, że utrzymanie dobrej jakości powietrza w salach edukacyjnych podczas lekcji jest często niemożliwe. Obecny tryb projektowania, wykonawstwa i odbioru w żadnej fazie nie wymaga użycia zwrotu „jakość powietrza wewnętrznego”. W toku eksploatacji termin ten pojawia się sporadycznie, tylko w sytuacji zasygnalizowanych przez użytkowników poważnych zagrożeń.

Odpowiedzialność państwa i obowiązki wynikające z międzynarodowych konwencji (np. ochrona praw dziecka, konwencja klimatyczna, prawo do informacji o stanie środowiska), dyrektyw Unii Europejskiej (prawo każdego do oddychania czystym powietrzem, wykorzystywanie najlepszej dostępnej techniki, zdrowe i higieniczne warunki w pomieszczeniach oraz racjonalne korzystanie z zasobów energetycznych), a także innych wiążących postanowień organizacji międzynarodowych (np. OECD, IEA, WHO, ILO) znajdują odbicie w treści polskich aktów prawnych, takich jak np. [1]:

- konstytucja (ochrona zdrowia, prawa obywateli, zrównoważony rozwój),
- ustawy rządowe (prawo ochrony środowiska, prawo budowlane, prawo ochrony zdrowia, kodeks pracy, system oświaty),
- rozporządzenia resortowe służące realizacji ustaw (warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki, bhp w szkole, obowiązki i zakres uprawnień służb inspekcyjnych),

- zarządzenia resortowe zawierające szczegółowe wymagania (maksymalne wartości stężenia w powietrzu wewnętrznym zanieczyszczeń emitowanych przez materiały budowlane),
- normy uznawane rozporządzeniami resortowymi za obowiązkowe do stosowania,
- branżowe wytyczne postępowania (sprawdzone w praktyce metody działania, wiedza techniczna, dobra praktyka).

Ustanowione w Polsce akty prawne przewidują na przykład, że [1]:

- system oświaty zapewnia utrzymywanie bezpiecznych i higienicznych warunków nauki, wychowania i opieki w szkołach,
- system oświaty zapewnia upowszechnianie wiedzy ekologicznej wśród dzieci i młodzieży oraz kształtowanie właściwych postaw wobec problemów ochrony środowiska,
- dyrekcja placówki jest zobowiązana do zapewnienia uczniom oraz pracownikom bezpiecznych i higienicznych warunków pracy i nauki (ustawa o bhp w szkole),
- inspekcja pracy monitoruje proces przestrzegania prawa pracy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy na podstawie listy opracowanej dla działu edukacja,
- inspekcja sanitarna powołana jest do realizacji zadań z zakresu zdrowia publicznego, w szczególności poprzez sprawowanie nadzoru nad warunkami higieny środowiska, higieny pracy w zakładach pracy, higieny radiacyjnej, higieny procesów nauczania i wychowania, higieny wypoczynku i rekreacji,
- inspekcja budowlana powołana jest do kontroli trybu projektowania, wykonawstwa i eksploatacji budynków.

Skala budownictwa edukacyjnego decyduje ponadto w znacznym stopniu o zużyciu energii potrzebnej w trakcie eksploatacji (ogrzewanie, ciepła woda, wentylacja, oświetlenie). Jest to bardzo istotny aspekt problemu, który w szczególny sposób wpływa na wybór proponowanych rozwiązań. Wynika stąd stałe poszukiwanie możliwości minimalizowania zapotrzebowania na energię, które powinno być podporządkowane podstawowemu celowi, jakim jest zapewnienie akceptowalnego ze względów zdrowotnych stanu jakości powietrza w budynkach edukacyjnych. W Polsce niestety nie są na ogół dostrzegane relacje między obowiązkiem dbałości o zapewnienie warunków koniecznych dla zdrowia i dobrego samopoczucia przebywających w pomieszczeniach uczniów a egzekwowaną przez prawa rynkowe koniecznością ograniczania kosztów inwestycyjnych stosowanych urządzeń technicznych oraz zużycia energii potrzebnej do funkcjonowania. Poszukiwanie wszelkich możliwości ograniczenia kosztów przesłania na ogół cel podstawowy, jakim powinno być zapewnienie warunków środowiska wewnętrznego sprzyjających jak najlepszej percepcji wiedzy. Nie jest to jednak czynnik wymierny finansowo, w związku z czym przegrywa najczęściej w kalkulacjach ekonomicznych.

Opis budynku

W Polsce można znaleźć szkoły, których dyrekcji zależy na dobrej jakości powietrza, jakim oddychają uczniowie. Jednak w większości przypadków takie działania realizowane są tylko wtedy, gdy w szkole pojawiają się syndromy chorego budynku. Dlatego z dużym zainteresowaniem przeprowadzono pomiary jakości powietrza w budynku edukacyjnym wybudowanym przed II wojną światową.

Pierwotny układ ogrzewania i wentylacji wykorzystywał w budynku niskociśnieniowy system parowy. Grzejniki wykonane z gładkich rur zamontowano pod tablicami. Powietrze wentylacyjne doprowadzano do klas z wykorzystaniem kanałów nawiewnych i krat zlokalizowanych za grzejnikami. Zużyte powietrze usuwane było do przestrzeni stropodachu kanałami wywiewnymi. Przepływ generowany był poprzez siły wyporu termicznego. Poprawnej pracy układu sprzyjały znaczne wymiary kanałów i krat nawiewnych/wywiewnych oraz spora wysokość budynku. Kraty miały mechanizm żaluzji umożliwiający zmianę wielkości strumienia przepływającego powietrza.

Stan układu ogrzewania i wentylacji (przed modernizacją) w trakcie eksploatacji ulegał znacznym zmianom. Obecnie budynek ogrzewany jest z wykorzystaniem grzejników wodnych, źródłem ciepła jest kocioł gazowy. Podczas zmian aranżacji pomieszczeń (np. poprzez wykonanie otworów pod nowe drzwi) przerywano pierwotny przebieg kanałów wentylacyjnych. Zamurowano większość krat wywiewnych, wymieniono okna na wykonane z tworzywa sztucznego, bez nawiewników szczelinowych. Jedynym sposobem napływu powietrza do pomieszczeń był dopływ przez nieszczelności lub świadome rozszczelnienie stolarki okiennej. W przerwach pomiędzy lekcjami sale szkolne były wietrzone poprzez otwarcie okien, ale ze względu na hałas uliczny nie otwierano okien podczas prowadzonych lekcji.

Po przeprowadzonej inwentaryzacji budowlano-instalacyjnej zaproponowano rozwiązania mające na celu poprawę stanu jakości powietrza wewnętrznego w tym budynku edukacyjnym. W ramach koncepcji modernizacji układu wentylacji przeanalizowano cztery rozwiązania:

1. wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła,
2. wentylacja hybrydowa z odzyskiem ciepła,
3. wentylacja grawitacyjna wywiewna kanałowa z nawiewnikami szczelinowymi okiennymi, z opcją wentylatorów hybrydowych,
4. wentylacja grawitacyjna wywiewna kanałowa z napływem powietrza przez nieszczelności (rozszczelnienie) stolarki okiennej, z opcją wentylatorów hybrydowych.

Przy analizowaniu wariantów uwzględniono przede wszystkim:

- możliwość poprawy jakości powietrza wewnętrznego w salach lekcyjnych,
- poprawę efektywności energetycznej budynku poprzez zmniejszenie kosztów eksploatacji,
- aspekty związane z ochroną zabytków,

- koszty inwestycyjne modernizacji.

Ze względu na ograniczenia finansowe dyrekcja zdecydowała się na wybór rozwiązania najmniej obciążającego budżet szkoły, czyli rozwiązania 4. Zrezygnowano z montażu wentylatorów hybrydowych. Sformułowano następujące wytyczne wykonawcze i eksploatacyjne:

- dopływ powietrza przez nieszczelności w stolarce okiennej oraz ręczne rozszczelnianie okien w okresach zwiększonego zapotrzebowania,
- zalecane krótkie, lecz intensywne wietrzenie sal podczas przerwy,
- powietrze usuwane z pomieszczeń z wykorzystaniem istniejących kanałów wentylacyjnych wywiewnych,
- wykonanie otworowania zamurowanych otworów w celu połączenia sali z prowadzonym w ścianie kanałem wywiewnym, a następnie uzbrojenie otworu kratą wywiewną z przepustnicą sterowaną ręcznie z poziomu pomieszczenia,
- powietrze odprowadzane kanałami wywiewnymi na poziom poddasza,
- konieczność przeprowadzenia szkolenia dla nauczycieli z zakresu obsługi instalacji wentylacyjnej.

Badania jakości powietrza w budynku szkoły

W celu oceny przeprowadzonej w budynku edukacyjnym modernizacji systemu wentylacyjnego wykonano badania fizycznej i mikrobiologicznej jakości powietrza przed i po jej przeprowadzeniu. Modernizację instalacji wentylacyjnej zgodnie z zaleceniami zrealizowano w szkole w 2013 roku. Pierwsza seria badawcza obejmowała pomiary fizycznej jakości powietrza 11–14 grudnia 2012 r., a druga seria 24–28 listopada 2014 r. Pomiar liczebności mikroorganizmów w 1 m³ powietrza atmosferycznego wykonano 11.12.2012 (stan przed), a stanu po 26.11.2014. Pomiary realizowano w trzech wybranych salach dydaktycznych oraz na dworze, w otoczeniu budynku. Wyniki badań odniesiono do normy PN-EN 15251:2012 [2].

Metodyka pomiarów

Pierwsza seria badawcza obejmowała pomiary fizycznej jakości powietrza w czterech dniach lekcyjnych – od wtorku do piątku, a druga – od poniedziałku rano do piątku po południu. Pomiary realizowane były w odstępach dwuminutowych. Ze względu na charakter zajęć prowadzonych w salach lekcyjnych na wykresach porównano zmienność w tych samych dniach tygodnia. Pomiary realizowano w trzech reprezentatywnych salach lekcyjnych, 01 – sala dzieci w wieku przedszkolnym, 22 – klasa podstawówki i 31 – klasa gimnazjalna.

Wyniki badań fizycznej jakości powietrza i ich omówienie

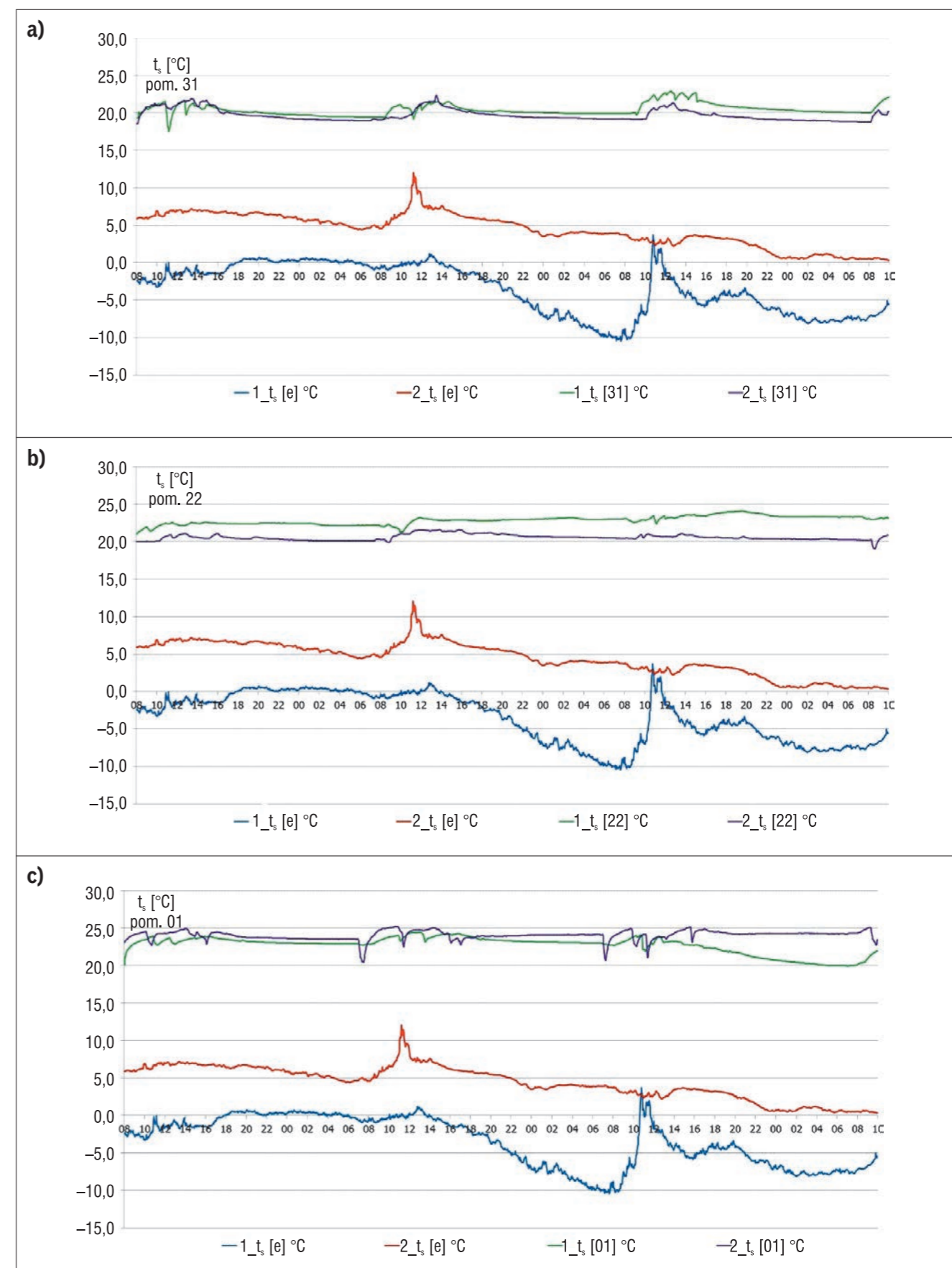
Na podstawie uzyskanych wyników badań zmienności temperatury powietrza można stwierdzić, że (rys. 1):

- przed i po przeprowadzonym usprawnieniu temperatura w pomieszczeniach utrzymywana była na wymaganym poziomie,
- zauważalny jest wzrost temperatury w pomieszczeniu podczas prowadzonych lekcji,
- szczególnie w sali z dziećmi w wieku przedszkolnym (pom. 01) zauważalne są wahania temperatury wewnętrznej ze względu na częste przewietrzanie sali.

Analiza zmienności wilgotności względnej powietrza po przeprowadzonym usprawnieniu we wszystkich pomieszczeniach wykazała, że wzrosła ona o ok. 13%. Średnia wilgotność utrzymywała się na poziomie ok. 49,1% w sali 31, 42,9% w sali 22 i 39,5% w sali 01, co mieści się w wymaganiach dla okresu grzewczego.

Na podstawie uzyskanych wyników badań zmienności stężenia ditlenku węgla można stwierdzić, że:

- dla **pomieszczenia 31 (rys. 2a)**, które charakteryzuje się najbardziej niekorzystnymi wskaźnikami powierzchniowo/kubaturowymi odniesionymi do jednego ucznia:
 - w sali często występuje stężenie ditlenku węgla na poziomie 2000 ppm, okresowo nawet 2500–3000 ppm,
 - dla obniżenia zaduchu występującego po zajęciach sala jest często wietrzona,
 - warunki panujące w sali są niekorzystne;
- dla **pomieszczenia 22 (rys. 2b)**, które ma najkorzystniejszy wskaźnik powierzchniowy odniesiony do jednego ucznia:
 - podczas zajęć utrzymuje się stężenie CO₂ na poziomie 1000–1500 ppm,
 - przekraczana jest granica dobrego komfortu (1000 ppm), jednak wartość 1500 ppm jest niekiedy (np. w Niemczech) traktowana jako górna granica warunków komfortowych w szkołach,
 - sala wietrzona jest stosunkowo rzadko, co świadczy o naturalnym przepływie powietrza przez nieszczelności okienne, pokrywającym w znacznej mierze zapotrzebowanie,
 - warunki panujące w sali w okresie pomiarowym można zatem uznać za zbliżone do warunków dobrego komfortu;
- dla **pomieszczenia 01 (rys. 2c)**, dla którego wskaźnik powierzchniowy odniesiony do jednego ucznia jest zbliżony do pomieszczenia 22, ale w sali przebywają dzieci przedszkolne:
 - przy intensywnym ruchu (nie tylko praca siedząca, jak w przypadku sali 22) emisja zanieczyszczeń, w tym ditlenku węgla, jest większa,



Rys. 1. Zmienność temperatury wewnętrznej i zewnętrznej (e) w pierwszej (1) i drugiej (2) serii badań: a) sala 31, b) sala 22, c) sala 01

- w sali utrzymuje się stężenie zbliżone do 1500 ppm, jednak występują okresy z przekroczeniami sięgającymi 2000, a nawet 2500 ppm.

Pomiary mikrobiologicznej jakości powietrza

Metodyka pomiarów

Pierwsza seria badawcza wykonana 11.12.2012 r. dotyczyła wyjściowego pomiaru liczebności mikroorganizmów w 1 m³ powietrza atmosferycznego, natomiast druga seria, wykonana 26.11.2014 r., służyła do porównania wyników po modernizacji systemu wentylacyjnego w budynku. Podczas badań analizowano zgodnie z Polskimi Normami (PN-89/Z-04111/01 [3], PN-89/Z-04111/02 [4], PN-89/Z-04111/03 [5], PN-89/Z-04008/08 [6]) ogólną liczebność bakterii mezofilnych (M), psychrofilnych (P), gronkowców (*Staphylococcus*) mannitolododatnich typ α (M+), gronkowców mannitoloujemnych typ β (M-), promieniowców *Actinobacteria* (Pr), *Pseudomonas fluorescens* (Pf) oraz grzybów mikroskopowych hodowanych na pożywce Waksmana (GW) i Czapek–Doxa (GCD). Pobór próbek powietrza prowadzono metodą aspiracyjną za pomocą mikrobiologicznego próbnika powietrza MAS 100-Eco. Na każdym stanowisku badawczym pobierano od 25 do 100 dm³ powietrza na standardowe płytki Petriego o średnicy 9 cm, na których znajdowała się zestalona pożywka, zalecana wg PN dla danej grupy mikroorganizmów.

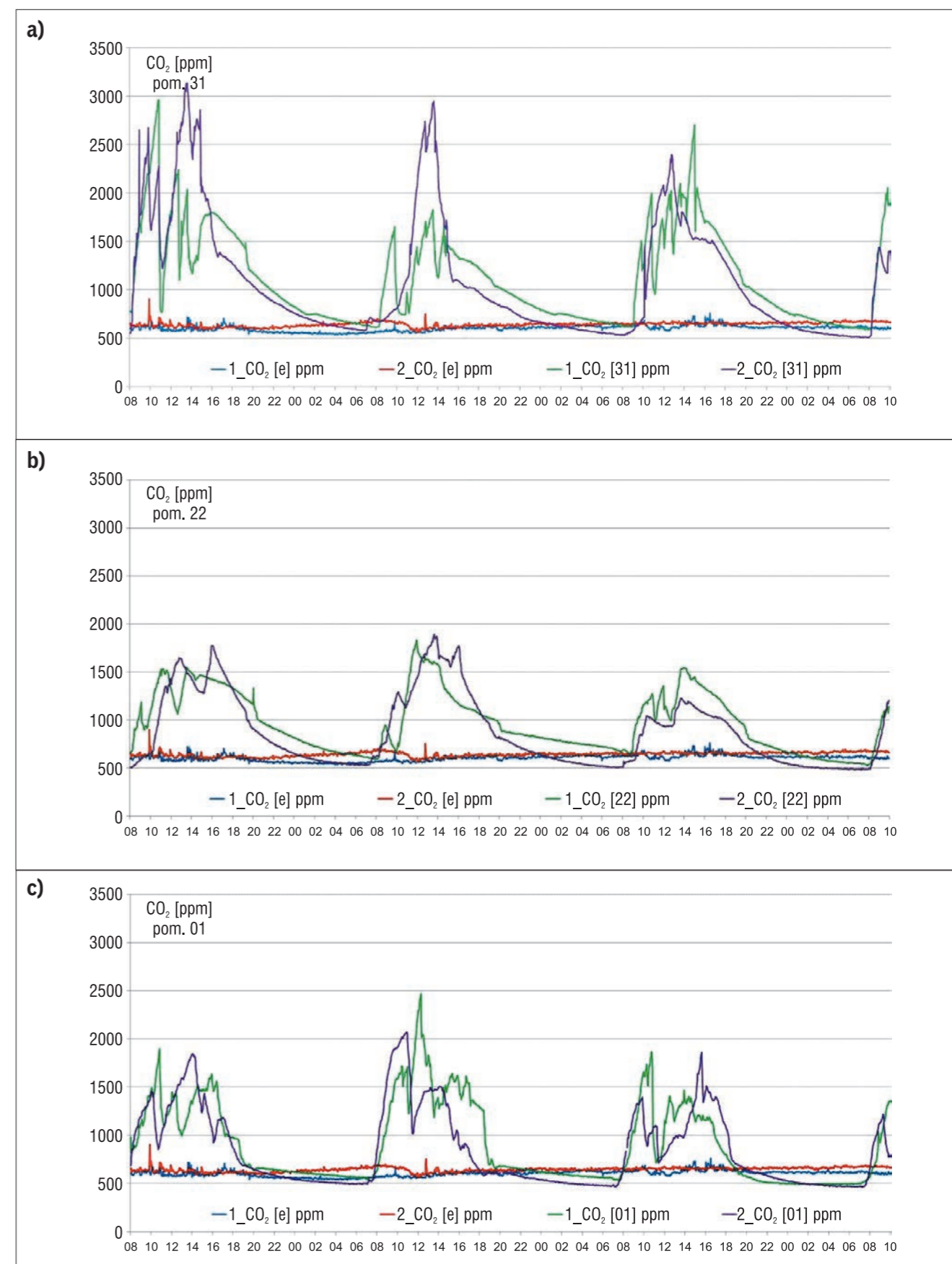
W badaniach mikrobiologicznych analizowano stopień zanieczyszczenia powietrza w trzech salach lekcyjnych oraz na dworze, w środowisku zewnętrznym (tło badań). Pobór próbek powietrza odbywał się rano, przed lekcjami (w godz. od 7.00 do 8.30) oraz po południu, po zajęciach lekcyjnych (od 15.00 do 16.30). W **tabeli 1** zestawiono oznaczenie próbek mikrobiologicznych.

Po poborze próbek powietrza płytki umieszczano w termostacie na określony czas hodowli, a następnie zliczano wyrosłe kolonie bakterii i grzybów mikroskopowych. Uzyskane wyniki badań korygowano zgodnie z tabelą przeliczeniową wg Feller, a ostateczny wynik podawano jako jtk/1 m³ powietrza. Do badań stosowano pożywki i warunki hodowli podane w **tabeli 2**.

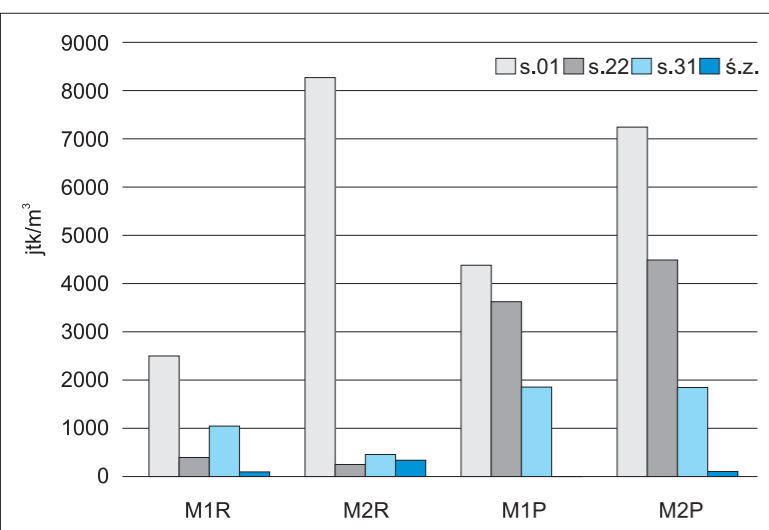
Ocenę czystości/zanieczyszczenia powietrza bakteriami przeprowadzano zgodnie z wytycznymi PN-89/Z-04111/02 [4], natomiast grzybami wg PN-89/Z-04111/03 [5].

Tabela 1. Oznaczenie próbek mikrobiologicznych

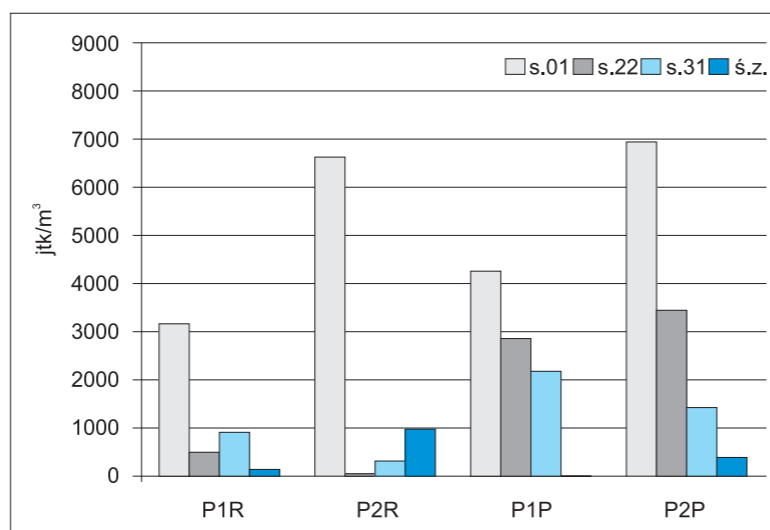
Numer próbki	Stanowisko	Terminy poboru			
		rano (przed zajęciami)		po południu (po zajęciach)	
		11.12.2012	26.11.2014	11.12.2012	26.11.2014
S01	Sala 01 (parter, przedszkole)	R1	R2	P1	P2
S22	Sala 22 (I piętro)	R1	R2	P1	P2
S31	Sala 31 (II piętro)	R1	R2	P1	P2
ś.z.	Środowisko zewnętrzne (tło badań)	R1	R2	P1	P2



Rys. 2. Zmienność stężenia ditlenku węgla w salach lekcyjnych oraz w powietrzu zewnętrznym (e) w pierwszej (1) i drugiej (2) serii badań: a) sala 31, b) sala 22, c) sala 01



Rys. 3. Liczebność bakterii mezofilnych (M) rano (R) i po południu (P) w pierwszej (1–11.12.2012) i drugiej (2–26.11.2014) serii badań



Rys. 4. Liczebność bakterii psychrofilnych (P) rano (R) i po południu (P) w pierwszej (1–11.12.2012) i drugiej (2–26.11.2014) serii badań

Tabela 2. Rodzaje pożywek i warunki hodowli mikroorganizmów

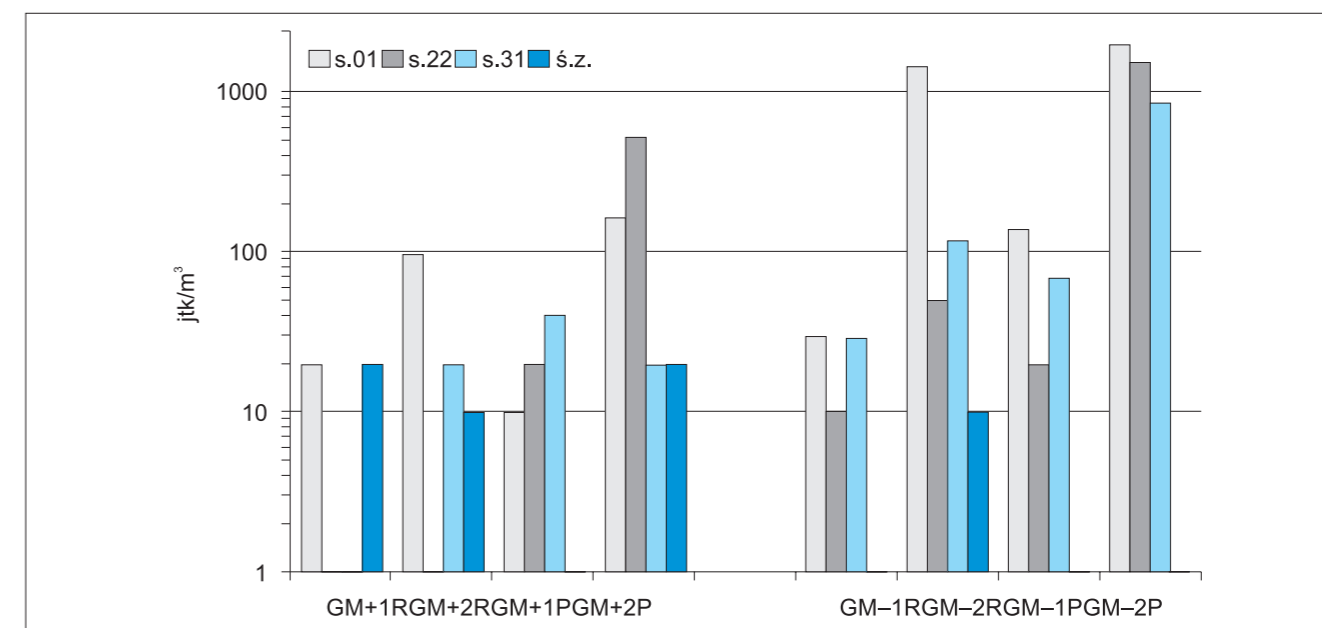
Badane mikroorganizmy	Rodzaj pożywki	Temperatura inkubacji [°C]	Czas inkubacji [h]
Bakterie mezofilne	Agar odżywczy	37	48
Bakterie psychrofilne*	Agar odżywczy	22	72
Gronkowce (<i>Staphylococcus</i>)	Chapmana	37	48
Promieniowce (<i>Actinobacteria</i>)	Pochona	26	120
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	King B	26	120
		4	168
Grzyby mikroskopowe	Waksmana	26	168
	Czapek-Doxa	26	168

* nieobjęte wytycznymi PN

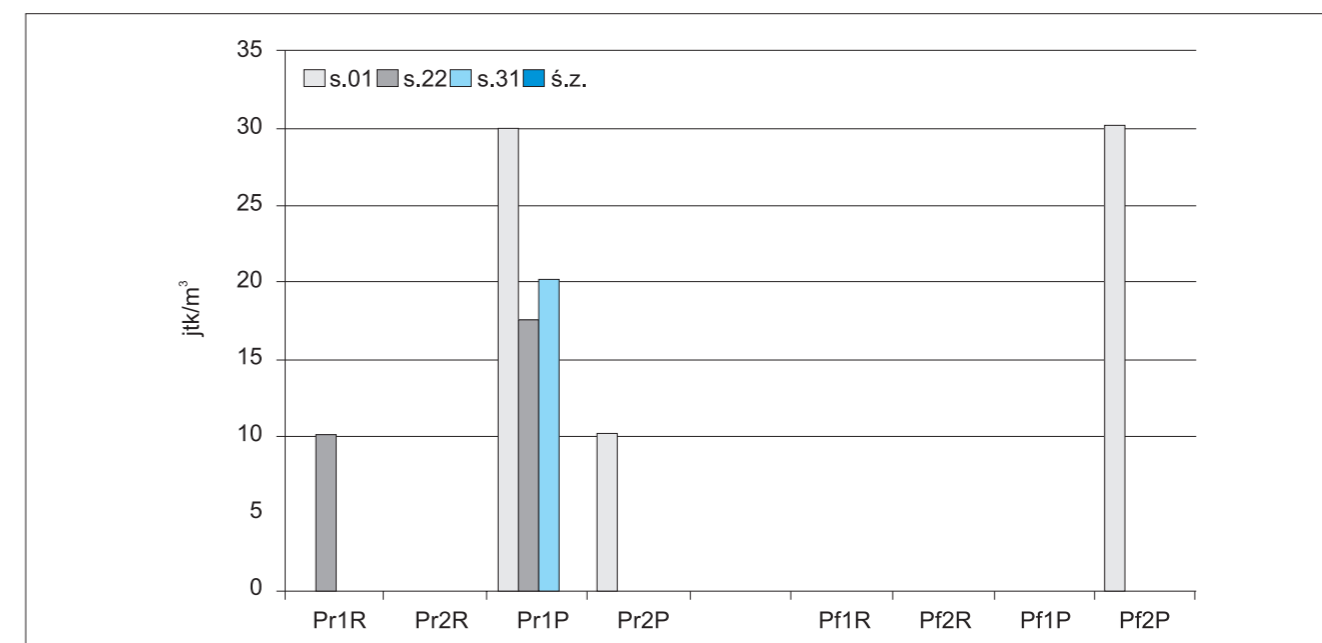
Wyniki badań mikrobiologicznych i ich omówienie

Na podstawie uzyskanych wyników badań bakterii i grzybów mikroskopowych można stwierdzić, że:

- w obu seriach badawczych większą liczebność mikroorganizmów odnotowano w salach po lekcjach, natomiast w środowisku zewnętrznym zauważono wahania liczebności drobnoustrojów w różnych terminach poboru,
- największe koncentracje drobnoustrojów występowały wśród bakterii mezofilnych (**rys. 3** – od 240 do 8320 jtk/1m³) i psychrofilnych (**rys. 4** – od 40 do 6920 jtk/1m³),
- wśród gronkowców liczniejsze były gronkowce mannitoloujemne (GM⁻), których stężenie po zajęciach lekcyjnych ulegało znacznemu zwiększeniu (do 2030 jtk/m³ – **rys. 5**),
- liczebność promieniowców (*Actinobacteria*) była niewielka (0–30 jtk/m³), ale zwykle po lekcjach było ich więcej niż przed lekcjami (**rys. 6**),

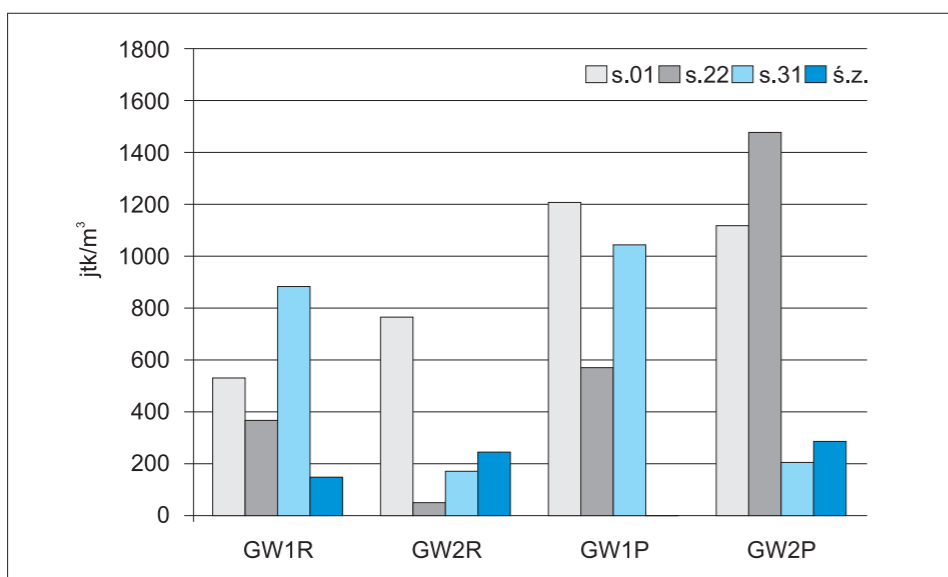


Rys. 5. Liczebność gronkowców mannitolododatnich (GM+) i mannitoloujemnych (GM-) rano (R) i po południu (P) w pierwszej (1–11.12.2012) i drugiej (2–26.11.2014) serii badań



Rys. 6. Liczebność promieniowców (Pr) i *Pseudomonas fluorescens* (Pf) rano (R) i po południu (P) w pierwszej (1–11.12.2012) i drugiej (2–26.11.2014) serii badań

- bakterie *Pseudomonas fluorescens* hodowane w 4°C nie występowały na żadnym stanowisku, a hodowane w 26°C należały do mikroorganizmów najrzadziej spotykanych (**rys. 6**),
- liczebność grzybów mikroskopowych ulegała znacznym wahaniom, od 40 do 1800 jtk/m³ powietrza, a ich stężenie wskazywało na przeciętnie czyste (ok. 3000 jtk/m³) powietrze atmosferyczne (**rys. 7 i 8**),
- analizując rodzaj pomieszczenia, największe zanieczyszczenie powietrza występowało zazwyczaj w sali 01 (przedszkole), natomiast czystsze pod względem mikrobiologicznym było



Rys. 7. Liczebność grzybów mikroskopowych na pożywce Waksmana (GW) rano (R) i po południu (P) w pierwszej (1–11.12.2012) i drugiej (2–26.11.2014) serii badań

naprzemiennie pomieszczenie 22 lub 31. Zwykle rano, przed lekcjami, mniejsze zanieczyszczenie powietrza stwierdzano w sali 22, natomiast po południu, po lekcjach, pomieszczenie to było często silnie zanieczyszczone różnymi grupami drobnoustrojów,

- mimo że w badanych salach zainstalowano system wentylacji, nie odnotowano wyraźnej poprawy jakości powietrza pod względem mikrobiologicznym. W wielu przypadkach jakość powietrza po remoncie była gorsza niż przed zainstalowaniem systemu wentylacyjnego. Można zatem przypuszczać, że na stan mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w poszczególnych pomieszczeniach wpływa m.in. stan zdrowia ich użytkowników, sposób i efektywność sprzątania sal lekcyjnych, a także stosunkowo mało efektywna wymiana powietrza,
- biorąc pod uwagę Polskie Normy omawiające mikrobiologiczną jakość powietrza, można stwierdzić, że zwłaszcza po lekcjach powietrze było silnie zanieczyszczone pod względem wybranych grup bakterii, natomiast pomimo obecności grzybów mikroskopowych powietrze nie było zanieczyszczone tymi drobnoustrojami.

Wnioski

Podczas badań parametrów fizycznych i mikrobiologicznych powietrza w salach lekcyjnych przed i po remoncie stwierdzono brak wyraźnej poprawy lub wręcz pogorszenie jakości powietrza po modernizacji systemu wentylacyjnego. Pomimo przekazania dyrekcji szkoły szczegółowych zaleceń dotyczących eksploatacji nie udało się uzyskać zadowalającego poziomu jakości powietrza. Może to wynikać z faktu, że szkoła dysponowała ograniczonym budżetem na realizację zadania. Potwierdza

to tezę, że działania połowiczne nie tylko nie przynoszą oczekiwanej korzyści, tutaj w postaci poprawy jakości powietrza w budynku, ale mogą mieć wpływ na pogorszenie sytuacji. Należy jednak pamiętać, że na stan fizycznego i mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w budynku (salach lekcyjnych) wpływają m.in.:

- stan zdrowotny użytkowników pomieszczeń,
- liczba osób przebywających w pomieszczeniach,
- częstotliwość wietrzenia pomieszczeń przez bezpośrednie otwieranie i rozszczelnianie okien,
- sposób i efektywność sprzątania sal lekcyjnych,
- brak przestrzegania przez nauczycieli podstawowych zasad obsługi instalacji wentylacyjnej (krótkie, ale intensywne wietrzenie sal podczas przerw lekcyjnych).

Główna przyczyna leży jednak po stronie świadomego ograniczania wentylacji pomieszczeń w celu obniżenia kosztów ogrzewania budynku. Dyrekcja szkoły nie zdecydowała się na wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła czy chociażby szczelinowe nawiewniki okienne. Udrożnienie kanałów wywiewnych przy dotychczasowym rozwiązaniu napływu powietrza (przez nieszczelności stolarki okiennej – brak np. nawiewników szczelinowych) nie prowadzi do poprawy jakości powietrza, gdyż o przepływie decyduje element o najwyższym oporze przepływu (nieszczelności stolarki). Bez prawidłowego doprowadzenia odpowiedniej ilości świeżego (czystego) powietrza zewnętrznego przeprowadzona modernizacja i poprawa układu wywiewnego nie skutkuje polepszeniem jakości powietrza wewnętrznego. Stosowane przed II wojną światową rozwiązanie pod względem technicznym jak i ekologicznym wyprzedzało rozwiązania wentylacji naturalnej stosowane obecnie w budynkach edukacyjnych i znakomicie wpisywało się w definicję przeznaczoną dla budynków o niskim zużyciu energii – wentylacji hybrydowej – której zasady opracowano w ostatnich 20 latach.

Literatura

1. Szczechowiak E., Górzeński R., Szymański M., *Opinia techniczna dotycząca jakości powietrza wewnętrznego i komfortu cieplnego w pomieszczeniach Przedszkola nr (...) w Poznaniu*, opinia niepublikowana, Poznań 2012.
2. PN-EN 15251:2012 *Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę*.
3. PN-89/Z-04111/01:1989 *Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Postanowienia ogólne i zakres normy*.
4. PN-89/Z-04111/02:1989 *Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną*.
5. PN-89/Z-04111/03:1989 *Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną*.
6. PN-89/Z-04008/08:1989 *Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Pobieranie próbek powietrza atmosferycznego (imisja) do badań mikrobiologicznych metodą aspiracyjną i sedymentacyjną*.

dr inż. Małgorzata Basińska, dr Michał Michałekiewicz, dr inż. Radosław Górzeński

Institut Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska

Wentylacja pomieszczeń w szkołach i przedszkolach za pomocą central wentylacyjnych Systemair Topvex oraz Geniox

W obiektach szkolnych czy przedszkolnych znajdują się pomieszczenia o różnym przeznaczeniu. Oprócz sal zabaw/klas, tego typu obiekty posiadają pomieszczenia pomocnicze takie jak np. łazienki/toalety, kuchnia, pomieszczenia gospodarcze, pomieszczenia biurowe itp. Zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza w miejscach pobytu dzieci oraz obsługi jest w dzisiejszych czasach priorytetem. Zanieczyszczone powietrze zewnętrzne wpływa oczywiście na jakość powietrza wewnętrznego, tak samo jak wewnętrzne źródła zanieczyszczeń. Odpowiednia wentylacja pomieszczeń w przedszkolu nie tylko zapewnia czyste i świeże powietrze przez cały czas swego działania, ale jest w stanie również zagwarantować spełnienie wymagań jakości powietrza wewnętrznego.

Poniżej przedstawione są przykładowe wymagania dotyczące wentylacji pomieszczeń przedszkolnych, wg różnych źródeł.

Minimalne ilości powietrza przypadające na jedną osobę określone są w normie PN-83/B-03430 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania” oraz w zmianie do tej normy PN-83/B-03430/Az3:2000.

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach przeznaczonych na stały i czasowy pobyt ludzi powinien wynosić 20 m³/h dla każdej przebywającej osoby, natomiast dla żłobków i przedszkoli 15 m³/h dla każdego dziecka. W pomieszczeniach klimatyzowanych oraz wentylowanych, o nieotwieranych oknach, strumień objętości powietrza wentylacyjnego powinien wynosić 30 m³/h dla każdej przebywającej osoby. Na pomieszczenie pojedynczej łazienki zakłada się najczęściej 50 m³/h, a na pojedynczy punkt WC 30 m³/h. W pomieszczeniach, w których występują czynniki szkodliwe dla zdrowia (np. pracownia chemiczna w szkole), wentylację należy zaprojektować indywidualnie.

Poza tym systemy wentylacji mechanicznej powinny spełniać normę PN-EN 13779:2007 „Wentylacja budynków niemieszkalnych. Wymagane właściwości systemów wentylacji i klimatyzacji”.

Parametry powietrza wewnętrznego ujęte są w normie PN-EN 15251:2012 „Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego, dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej

budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę”, a także w nowszej normie PN-EN 16798-1:2019-06.

Dla zapewnienia prawidłowej wentylacji stosuje się również wymagania tzw. krotności wymian k [h⁻¹]. Przykładowe zalecenia wg „Materiałów pomocniczych Systemair”. Tabela 5.7 „Najczęściej zalecane krotności wymian powietrza w pomieszczeniach”:

Rodzaj pomieszczenia		k [h ⁻¹]	Uwagi
Kuchnie	Małe - bary bufety	20-25	wysokość kuchni 3-4 m
	Średnie – w restauracjach, stołówkach – w domu wczasowym, pensjonacie	18-30	wysokość kuchni 3-4 m
		15-20	wysokość kuchni 3-4 m
	Duże – w szpitalach, koszarach	12-30	wysokość kuchni 3-6 m
	Zmywalnia naczyń	20-30	
	Smażalnia	20-30	
	Gotowanie	17-20	
	Przygotownia mięsa	6	
Przygotownia ryb	7		
Pomieszczenia biurowe i dydaktyczne	Audytorium, sale wykładowe	6-10	
	Biblioteki	4-5	
	Bufet, jadalnia	6-8	
	Klasy szkolne	3-5	
	Łazienki, umywalnie	4-6	
	Sala zebrań	6-8	
	Sale konferencyjne	5-10	
	Pokoje biurowe	4-6	
	Pomieszczenia gospodarcze	1-2	
	Ustępy	5-8	tylko wysiew

Dodatkowe wymagania np. odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, współczynnika mocy właściwej wentylatorów są ujęte w Warunkach Technicznych (Rozporządzenie z dnia 12 kwietnia 2002 r., Dz.U. Nr 75, poz. 690 z aktualnymi zmianami, ostatnia z dnia 16-09-2020 r.). Przykładowe wymagania wg powyższego Rozporządzenia:

„§ 151. 1. W instalacjach wentylacji mechanicznej ogólnej nawiewno-wywiewnej, lub klimatyzacji komfortowej o wydajności **500 m³/h** i więcej należy stosować urządzenia do odzyskiwania ciepła z powietrza wywiewanego o sprawności temperaturowej co najmniej **50%** lub recyrkulację, gdy jest to dopuszczalne. W przypadku zastosowania recyrkulacji strumień powietrza zewnętrznego, nie może być mniejszy niż wynika to z wymagań higienicznych. Dla wentylacji technologicznej zastosowanie odzysku ciepła powinno wynikać z uwarunkowań technologicznych i rachunku ekonomicznego”.

W § 154 w punkcie 10 ujęte są wymagania dotyczące mocy właściwej wentylatorów stosowanych w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.

Oczywiście dobór właściwego systemu wentylacji i klimatyzacji zapewniającego wymagane parametry powietrza w pomieszczeniach należy do projektanta instalacji wentylacji mechanicznej i klimatyzacji. Przed wykonaniem projektu wymagana jest oczywiście konsultacja projektanta

z inwestorem, architektem, projektantem instalacji elektrycznej, rzeczoznawcami np. pożarowymi, sanitarnymi itd.

Dobór odpowiednich urządzeń powinien być poprzedzony rzetelną analizą obowiązujących przepisów oraz lokalnych wymagań dla danego obiektu. Należy zaznaczyć, że **zastosowanie energooszczędnych rozwiązań** nie tylko pozwoli spełnić wymagania odpowiednich przepisów, ale przede wszystkim **ograniczy realne koszty eksploatacji**. Zastosowanie wysokosprawnego odzysku ciepła w centralach wentylacyjnych, energooszczędnych wentylatorów z silnikami EC oraz wbudowanego systemu sterowania zapewni wymierne oszczędności nie tylko eksploatacyjne, ale również inwestycyjne. Niższe zużycie energii przez nagrzewnicę w centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła to np. niższy koszt kotła gazowego lub innego źródła ciepła. Zastosowanie np. pompy ciepła pozwoli ograniczyć zużycie energii oraz zapewnić ogrzewanie lub chłodzenie powietrza. Poza tym zastosowanie odpowiednich filtrów powietrza nawiewanego pozwoli zapewnić wysoką jakość powietrza w pomieszczeniach, szczególnie w pomieszczeniach pobytu dzieci. Filtry powietrza wywiewanego pozwolą zabezpieczyć elementy wewnętrzne centrali wentylacyjnej przed zabrudzeniem. Najczęściej stosuje się filtry na nawiewie: F7/ePM1 60% lub rzadziej F9/ePM1 85% (wg normy PN-EN 16890:2017). Na wywiewie wystarczy filtr spełniający klasę M5/ePM10 60%. Stosowanie w centrali wentylacyjnej na nawiewie wysoko skutecznych filtrów tzw. HEPA (E/H) nie zawsze jest uzasadnione technicznie oraz ekonomicznie w pomieszczeniach szkół, oraz przedszkoli.

Przykładowe centrale wentylacyjne, które można zastosować do wentylacji pomieszczeń w szkołach i przedszkolach

Głównym rodzajem pomieszczeń w tego typu obiektach są sale zabaw, sale zajęć itp. Tu można zastosować centrale wentylacyjne z wymiennikiem obrotowym lub przeciwprądowym. Wymiennik obrotowy ma bezsprzeczną zaletę: pozwala poza odzyskiem ciepła na odzysk wilgoci z powietrza wywiewanego. Wymiennik przeciwprądowy (nie entalpiczny) osusza powietrze w wentylowanych pomieszczeniach. Zbyt niska wilgotność powietrza, szczególnie w okresie zimowym nie jest wskazana. Nie mniej ważnym aspektem jest miejsce montażu centrali wentylacyjnej. Rozróżniamy najczęściej:

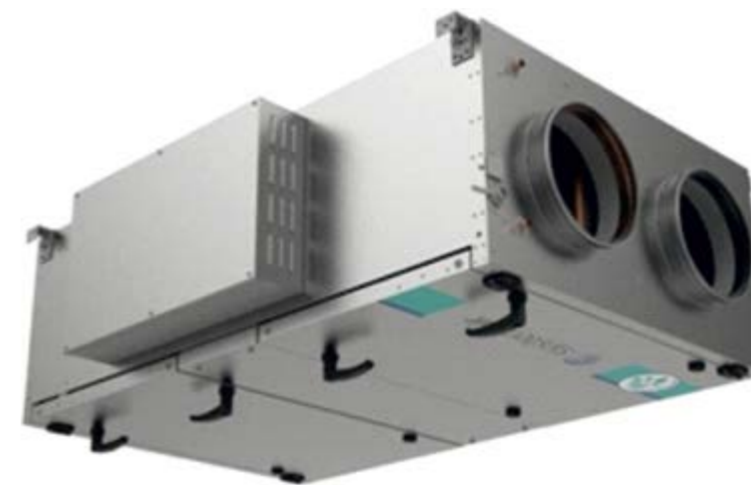
- centrale stojące w wykonaniu wewnętrznym (z króćcami na boki lub do góry),
- centrale stojące w wykonaniu zewnętrznym (najczęściej z króćcami na boki),
- podwieszane (króćce na boki).

Przykładowe centrale wentylacyjne Systemair:

Centrala stojąca z wymiennikiem przeciwprądowym z króćcami do góry Topvex TC



Centrala podwieszana z dwoma wymiennikami obrotowymi Topvex FR



Centralne wentylacyjne powinny być wyposażone na nawiewie w nagrzewnice (wodne, elektryczne, freonowe), chłodnice (freonowe lub na wodę lodową) oraz inne urządzenia np. nawilżacze powietrza (najczęściej parowe). W celu zapewnienia odpowiednich parametrów akustycznych należy zastosować urządzenia sprawdzonych producentów, których dane techniczne generowane przez program doboru (Configurator Systemair, SystemairCad) są potwierdzone certyfikatami np. Eurovent. Stosowanie odpowiednich kanałowych tłumików akustycznych ograniczy poziom

dźwięku w pomieszczeniach. Prawidłowy dobór kanałów i przewodów wentylacyjnych, nawiewników, wywiewników zapewni spełnienie wysokich wymagań akustycznych stawianych tego typu pomieszczeniom. Dobór odpowiednich nawiewników (w tym z wbudowanymi filtrami HEPA) zapewnia odpowiedni program doboru np. Systemair Design.

Do wentylacji pomieszczeń o szczególnych wymaganiach higienicznych lub ryzyku przedostawania się zapachów (np. wywiew z okapu kuchennego) można zastosować centrale wentylacyjne z wymiennikami glikolowymi, np. Systemair Geniox. Centrale z wymiennikami glikolowymi zapewniają 100% szczelność – niemieszania się powietrza wywiewanego z nawiewanym. Zaletą glikolowego odzysku ciepła jest możliwość oddalenia sekcji nawiewnej centrali od wywiewnej nawet o kilkadziesiąt metrów, również w wykonaniu dachowym. Wymienniki glikolowego odzysku ciepła łączy układ hydrauliczny.

Ciekawym rozwiązaniem są centrale wentylacyjne Systemair z wbudowaną pompą ciepła. Centrala taka zapewnia wentylację nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła, chłodu i wilgoci (wymiennik obrotowy), grzanie, chłodzenie, filtrację powietrza. Centrala z pompą ciepła wymaga tylko zasilania w energię elektryczną. Wbudowany układ freonowy z pompą ciepła zapewnia wymagane parametry powietrza nawiewanego bez względu na porę roku.

Centrala wentylacyjna Systemair Geniox z wbudowaną pompą ciepła



Do wentylacji pomieszczeń pomocniczych w zależności od potrzeb stosuje się centrale nawiewne z nagrzewnicą wodną lub elektryczną np. Topvex SF oraz wentylatory wywiewne (kanałowe, dachowe).

Nawiewna centrala wentylacyjna Topvex SF



Bardzo ważnym elementem poprawnej pracy oraz oszczędności energii jest przemyślana automatyka kontrolno-sterująca Systemair Access. Systemair zapewnia kompleksowe systemy automatyki z możliwością sterowania oraz kontroli przez dotykowy panel sterowania, a także aplikacje internetowe Systemair Connect.

Filtry powietrza są jednym z elementów systemu wentylacji, odgrywającym kluczową rolę, jeśli chodzi o zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza w budynku (IAQ). Należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednią filtrację powietrza, w odniesieniu do konkretnego zastosowania oraz specyficznych wymagań danego projektu. Pomocne może okazać się bardziej zintegrowane podejście do prawidłowo działającej wentylacji, zapewnienia wysokiej jakości powietrza w pomieszczeniach oraz ograniczenia ryzyka rozprzestrzeniania się wirusów w budynku. Nie wolno też zapominać, dlatego właśnie w pierwszej kolejności montujemy filtry, dbając tym samym o zdrowie przebywających w budynku osób. Dobrej jakości filtr powietrza ma wysoką skuteczność filtracji i dobrą efektywność energetyczną.

Różnorodność rodzaju pomieszczeń w obiektach szkolnych i przedszkolnych wymaga zastosowania specyficznych rozwiązań wentylacyjnych. Firma Systemair może zaoferować zarówno energooszczędne centrale wentylacyjne z wysokosprawnym odzyskiem ciepła, jak i wentylatory wywiewne, nawiewniki, kompleksowy system sterowania. Wszystkie dane przedstawione w katalogach oraz programach doboru Systemair poparte są badaniami w akredytowanych laboratoriach. Otrzymane certyfikaty, w tym Eurovent potwierdzają najwyższą jakość techniczną oferowanych urządzeń.

Systemair S.A.
Al. Krakowska 169, Łazy, 05-552 Wólka Kosowska
tel. +48 22 703 50 00, fax +48 22 703 50 99
info@systemair.pl, www.systemair.pl



Usuwanie wirusów, grzybów i bakterii z powietrza wentylacyjnego i obiegowego

W powietrzu wewnętrznym użytkownikom pomieszczeń towarzyszy bogate mikrożycie biologiczne oraz cząstki zakaźne. Grzyby, bakterie i wirusy napływają do wnętrza wraz z powietrzem zewnętrznym, są też przynoszone (np. na ubraniach) i emitowane (np. podczas mówienia) przez użytkowników. Wiele powodowanych przez nie problemów zdrowotnych – alergie, astmy, choroby przenoszone drogą kropelkową – motywuje do poszukiwania sposobów na stałą dezynfekcję powietrza, która jednocześnie nie zaszkodzi użytkownikom.

Powietrze w pomieszczeniach zawiera szereg zanieczyszczeń i domieszek – wśród nich bioaerazol. Bioaerazol (aerazol biologiczny, aeroplankton) jest zbiorem cząstek biologicznych rozproszonych w powietrzu lub innej fazie gazowej i stanowi od 5 do 34% zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego. Pochodzi zarówno z powietrza atmosferycznego (pył bakteryjny i zarodniki grzybów, głównie z rodzaju *Cladosporium*), jak i ze źródeł wewnętrznych – z górnych dróg oddechowych użytkowników pomieszczeń, złuszczonego naskórka, ale także podłóg czy ubrań (są to wirusy, pył bakteryjny i zarodniki grzybów domowych, głównie z rodzajów *Penicillium* i *Aspergillus*) [3]. Podobnie jak dla zanieczyszczeń fizykochemicznych, stężenie bioaerozolu w powietrzu w budynkach jest wyraźnie wyższe niż w powietrzu atmosferycznym. Wtórny źródłem zanieczyszczeń biologicznych może się stać recyrkulacja powietrza [6], a nawet urządzenia wentylacyjno-klimatyzacyjne (szczególnie pracujące na powietrzu obiegowym), jeśli nie zostanie zachowany odpowiedni reżim higieniczny.

Wśród licznych składników bioaerozolu największą szkodliwość dla człowieka wykazują [3]:

- grzyby (głównie zarodniki) (1–100 µm),
- bakterie (0,1–2 µm),
- wirusy (0,01–1 µm).

Cząstki o rozmiarach mniejszych niż 5–7 µm zazwyczaj pozostają zawieszane w powietrzu, stanowiąc frakcję tzw. respirabilną, czyli dostającą się do górnych i dolnych dróg oddechowych wraz z wdychanym powietrzem. **Największe zagrożenie wśród tej frakcji stanowią cząstki mniejsze niż 2,5 µm ze względu na penetrację oskrzeli i płuc** [3]. Cząstki biologiczne frakcji respirabilnej mogą bezpośrednio powodować astmę i alergię, stanowią także źródło chorób przenoszonych drogą powietrzną, takich jak grypa, ospa wietrzna, różyczka czy COVID-19 (choroby wirusowe),

zapalenie płuc i oskrzeli, gruźlica, zapalenie opon mózgowych (bakteryjne) czy grzybicze choroby oskrzeli i płuc [3].

Jak usunąć patogeny z powietrza?

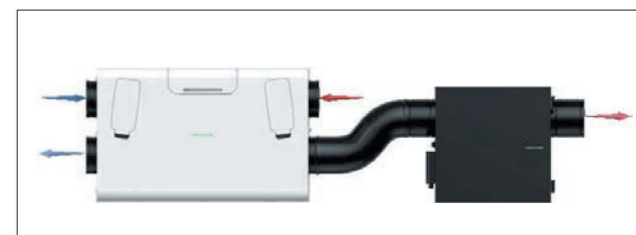
Zrozumienie związku między jakością mikrobiologiczną powietrza wewnętrznego a podatnością na alergie i nasileniem objawów chorób układu oddechowego (np. astmy) oraz – w ostatnich miesiącach – pandemia choroby COVID-19 sprawiają, że wśród użytkowników prywatnych i instytucjonalnych rośnie zainteresowanie jakością powietrza wewnętrznego pod względem czystości



Przykład filtra HEPA (do oczyszczacza) Fot. Coway

biologicznej. Uwaga kierowana jest zarówno na rolę systemów wentylacyjno-klimatyzacyjnych w usuwaniu bioaerozolu z powietrza wewnętrznego, jak i rozwiązania specjalistyczne umożliwiające ciągłą dezynfekcję powietrza w pomieszczeniach.

Amerykańska organizacja inżynierska ASHRAE w celu zapobieżenia rozprzestrzenianiu się wirusa SARS-CoV-2 – obok zachowania odpowiednich wartości temperatury i wilgotności, rozcieńczania zanieczyszczeń oraz prawidłowego rozprowadzania powietrza w pomieszczeniach – zaleca stosowanie „strategii” dezynfekcji [2]. Technikami dezynfekcji powietrza wewnętrznego o dobrze udokumentowanej skuteczności (potwierdzonej adekwatnymi badaniami) są według ASHRAE:



Autonomiczny moduł filtracyjny z filtrem HEPA za centralą wentylacyjną Fot. Thesla Green

- zaawansowana wentylacja – stosowanie filtrów o wyższej wartości MERV (minimalnej potwierdzonej wydajności) w przestrzeniach, w których przebywa duża liczba osób lub ryzyko zakażenia jest wyższe;
- odkażanie powietrza w górnej części pomieszczenia oparte na UVGI (biobójcze promieniowanie UV – *Ultraviolet germicidal irradiation*), z możliwym zastosowaniem wentylatorów miejscowych jako dodatkiem do nawiewu powietrza [2].

Techniką, która może być stosunkowo łatwo zastosowana choćby w mobilnych („konsumenckich”) oczyszczaczach powietrza, jest dezaktywacja mikroorganizmów i wirusów z zastosowaniem plazmy niskotemperaturowej (zjonizowanego gazu przewodzącego ładunki elektryczne) [9].

Skuteczność powyższych technik usuwania patogenów z powietrza badana jest dla warunków laboratoryjnych. Przekładając te oceny na warunki rzeczywiste, należy wziąć poprawkę m.in. na

osadzanie pyłu bakteryjnego, zarodników grzybów czy wirusów na powierzchniach w pomieszczeniu. Obniża to efektywność rozwiązań przeznaczonych do dezynfekcji strumienia powietrza. Dopiero wtórne uniesienie osadzonych patogenów umożliwi przejście zawierającego je powietrza przez urządzenia dezynfekujące i dezaktywację bioaerozolu. Nie należy więc technik dezynfekcyjnych przeznaczonych do zastosowania w wentylacji ogólnej, klimatyzacji i oczyszczaniu powietrza obiegowego traktować jako cudownego remedium na problemy powodowane przez patogeny znajdujące się w powietrzu (np. choroby). Są to środki poprawiające bezpieczeństwo użytkowników pomieszczeń i wspomagające kontrolę rozprzestrzeniania grzybów, bakterii i wirusów.

Wysokoskuteczne filtry zatrzymują patogeny

Skuteczną metodą usuwania z powietrza zarodników grzybów, bakterii i **niektórych** wirusów jest filtracja na wysoko skutecznych (nieprzepuszczalnych dla odpowiednio małych cząstek) filtrach – HEPA (High Efficiency Particulate Air) i ULPA (Ultra-Low Particulate Air). Filtry ULPA w technice wentylacyjnej zarezerwowane są dla pomieszczeń czystych – technologicznych typu *clean room* czy medycznych o wysokich wymaganiach w zakresie sterylności. Filtry HEPA stały się popularne m.in. dzięki ich wykorzystaniu w przenośnych oczyszczaczach powietrza, stosowanych m.in. w mieszkaniowym budownictwie wielorodzinnym jako sposób na usunięcie z powietrza cząstek PM_{2,5}.

Skuteczność filtra HEPA określa się – zgodnie z PN-EN 1822:2009 [12] – dla cząstek charakteryzujących się największą przenikalnością, czyli takich, dla których filtr działa najslabiej. W przypadku filtra HEPA będą to cząsteczki o średnicy 0,3 μm, ale nawet dla tej wielkości cząstek skuteczność wychwytywania wynosi 99,97%. Pod względem walki z zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi zasadniczą zaletą filtrów HEPA jest usuwanie zarodników pleśni oraz większości bakterii, problematyczne natomiast pozostaje usuwanie wirusów – filtr HEPA jest nieskuteczny w przypadku tych najdrobniejszych (0,02–0,3 μm). Drugim problemem jest możliwość dalszego rozwoju niektórych mikroorganizmów osadzonych na filtrze – nie są one emitowane z powrotem do pomieszczenia, mogą natomiast stanowić potencjalne zagrożenie dla osoby wymieniającej filtr [17].

Filtry HEPA mogłyby się stać elementem wentylacji, jednak ograniczeniem są koszty eksploatacyjne związane z dużymi oporami przepływu, co wymaga zastosowania odpowiedniej mocy wentylatora. Dla zachowania skuteczności filtr wymaga także regularnej wymiany, co dodatkowo zwiększa koszty eksploatacyjne (filtry HEPA o odpowiedniej jakości są stosunkowo kosztowne). Na rynku dostępne jest opatentowane rozwiązanie skonstruowane z myślą o usuwaniu z powietrza wentylacyjnego pyłów PM_{2,5} i PM₁ – autonomiczny moduł filtracyjny z własnym wentylatorem EC i miernikami zawartości pyłu zawieszonego w powietrzu na wlocie i wylocie filtra HEPA. Moduł montowany jest za centralą wentylacyjną, ale przed nawiewem do pomieszczenia i uruchamia

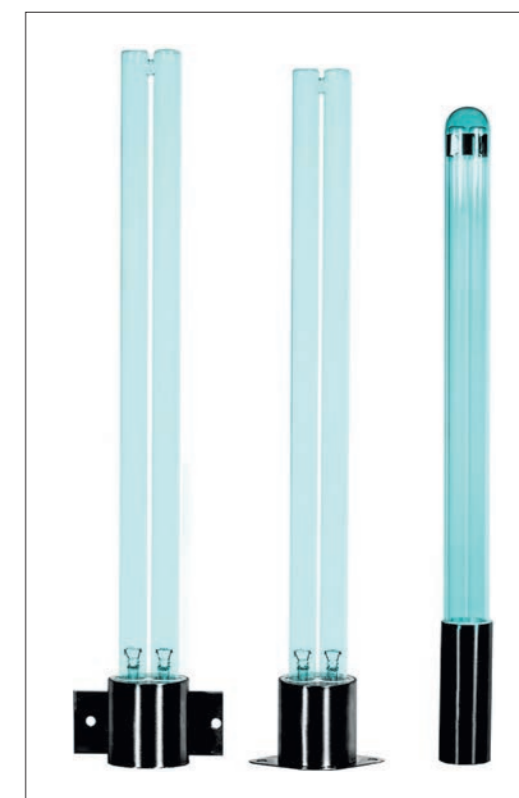
się zgodnie z algorytmem opartym na stężeniu pyłów w powietrzu płynącym z centrali. Wskazania mierników umożliwiają też kontrolę wymiany filtra [17].

Filtry HEPA znajdują powszechne zastosowanie w mobilnych oczyszczaczach powietrza, jednak ważnym aspektem ich stosowania musi być regularna wymiana filtra, którą – szczególnie w obliczu pandemii SARS-CoV-2 – powinno się przeprowadzać z zachowaniem odpowiednich środków ochrony osobistej.

Promienie UV-C – sprawdzony dezynfekant

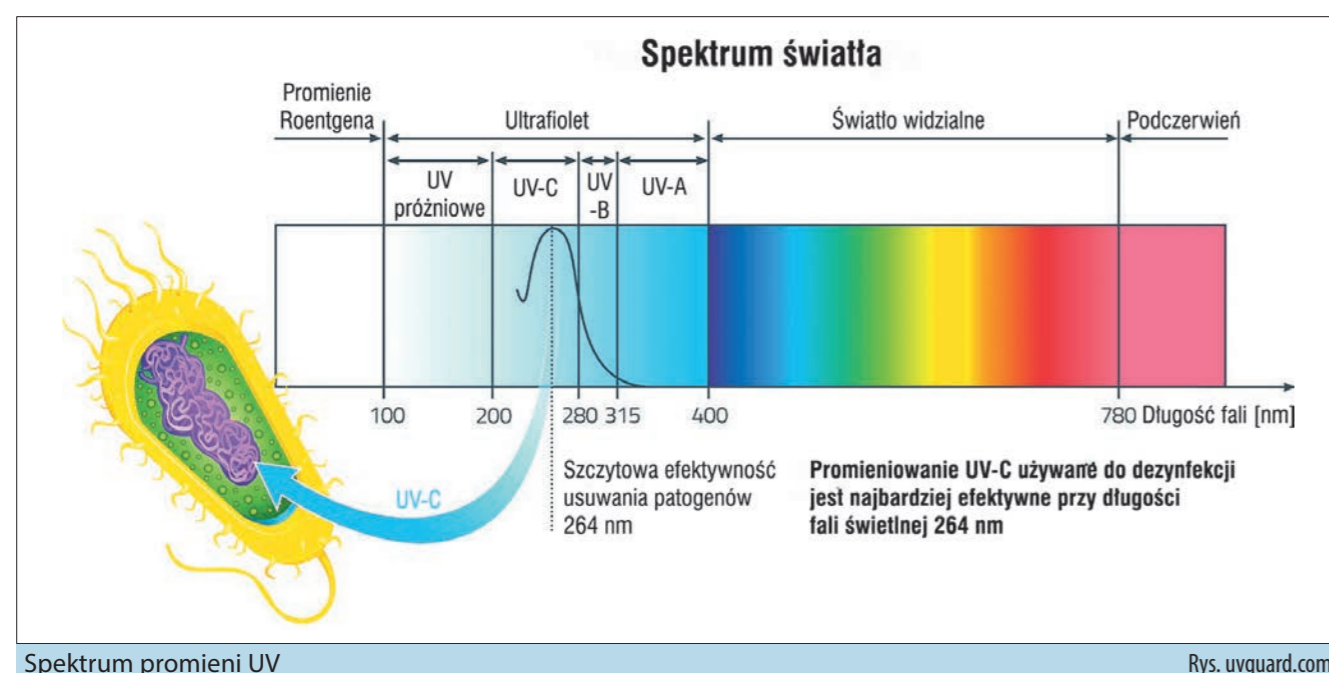
Promienie UV są niewidzialnymi promieniami elektromagnetycznymi z zakresu od 100 do 400 nm, w którym można wyróżnić kolejne rodzaje zależne od długości fali – wśród nich promieniowanie UV-C (długość fali 200–280 nm) [1]. Promienie UV-C zabijają grzyby i bakterie oraz dezaktywują wirusy. W komórce mikroorganizmu (bakterii lub grzyba) albo w nici DNA/RNA wirusa zachodzi reakcja fotochemiczna (katalizowana przez promieniowanie UV). Powoduje ona tzw. dimeryzację, czyli uszkodzenie połączenia między kolejnymi nośnikami informacji w kwasie nukleinowym. „Awaria centrum sterowania” uniemożliwia metabolizm i podział komórki lub namnażanie wirusa. Powoduje to zniszczenie komórki lub dezaktywację wirusa [14].

Własności dezynfekcyjne i odkażające promieni UV-C w walce z grzybami, bakteriami i wirusami są znane od ponad 100 lat – pierwsze wyniki takich badań opublikowano w 1879 r. [4]. Od tamtego czasu prowadzi się badania dotyczące skuteczności UV-C w aspekcie dezynfekcji i odkażania powietrza [14]. Usuwanie patogenów z wykorzystaniem promieniowania UV-C zostało zatwierdzone jako technika uzupełniająca filtrację w zwalczaniu ryzyka gruźlicy przez amerykańskie Centers for Disease Control and Prevention [5]. Przez ostatnie miesiące największe zainteresowanie budzi skuteczność tej techniki w kontekście walki z rozprzestrzenianiem koronawirusa SARS-CoV-2, powodującego chorobę COVID-19. Badania Uniwersytetu Bostońskiego, przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych i oparte na rozwiązaniach jednego z producentów, wykazały, że dawka 5 mJ/cm² promieniowania UV-C dezaktywuje wirusa SARS-CoV-2 w 99% w ciągu 6 s. Badacze oszacowali, że dawka 22 mJ/cm² pozwoli na dezaktywację wirusa o 99,9999% w ciągu 25 s [15].



Promienniki UV-C stosowane do dezynfekcji powietrza wentylacyjnego Fot. Klingenburg

Dawka promieniowania, która będzie skuteczna w usuwaniu danego patogenu, zależy od długości fali UV-C i rodzaju patogenu, ale także od otoczenia – w przypadku wirusów duże znaczenie ma wielkość kropli aerozolu wodnego, w których są zamknięte [8]. Jak wynika zarówno z doświadczeń producentów, jak i badań naukowych, najskuteczniejsze w aspekcie dezynfekcji powietrza jest promieniowanie o długości fal 250–280 nm, z optimum przy długości ok. 265 nm. W istniejących lampach UV najczęściej wykorzystywane jest światło o długości fali 254 nm [2]. Prowadzi się badania nad zastosowaniem promieniowania UV-C o jeszcze krótszej fali (220 nm), jednak ze względu na możliwość negatywnego oddziaływania na oczy i skórę technika ta ograniczona jest do odkażania pomieszczeń pod nieobecność ludzi [8].



Wyzwaniem, jakie wiąże się z stosowaniem promieniowania UV-C do ciągłej dezynfekcji powietrza, jest bezpieczeństwo ludzi oraz konstrukcji budowlanych i elementów wyposażenia wnętrz, a także pewien stopień pochłaniania promieniowania UV przez zawieszony w powietrzu krople zawierające wirusy (absorpcja ta osłabia biobójcze działanie promieniowania) [8]. Na podrażnienia i uszkodzenia przez bezpośrednie promieniowanie UV-C narażona jest zewnętrzna powierzchnia skóry oraz oczy – dlatego promieniowanie to nie powinno bezpośrednio oddziaływać na ludzi [2]. Nie jest też wykluczone, że elementy wyposażenia wnętrz mogą ulegać stopniowej degradacji przy narażeniu na ciągłe oddziaływanie promieni UV-C – ryzyko to jest minimalizowane również poprzez brak kontaktu promieni z wyposażeniem wnętrz. Konstruując urządzenia oparte na promieniach UV-C do ciągłej dezynfekcji powietrza, producenci muszą sprostać tym wyzwaniom.

Promieniowanie UV-C do dezynfekcji wytwarzane jest w lampach rtęciowych i ksenonowych. Niskociśnieniowa lampa oparta na wyładowaniach w parach rtęci cechuje się wysoką sprawnością

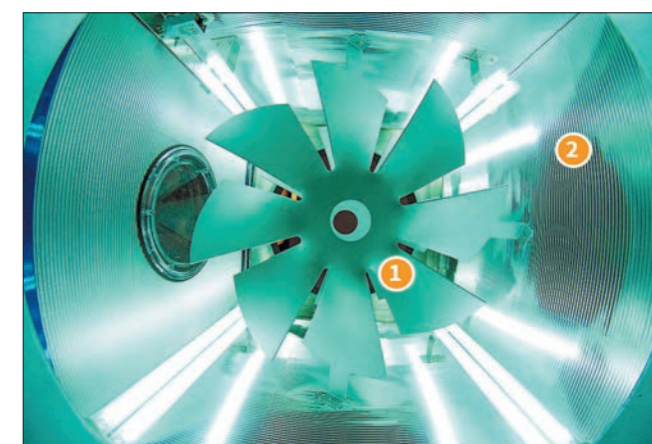
– ponad 30% (według niektórych producentów ok. 35%) energii dostarczanej do lampy zamieniane jest na promieniowanie UV-C. Jej zasadniczymi zaletami są niskie koszty wytwarzania i eksploatacji oraz długa obecność na rynku, dzięki czemu istnieje dużo odmian tych lamp, które mogą zostać dopasowane do różnych zastosowań. Od strony użytkowej lampa rtęciowa powinna charakteryzować się minimalną zawartością rtęci oraz zabezpieczeniem przed wytwarzaniem ozonu. Lampa ksenonowa, droższa od rtęciowej, zwykle działa w trybie pulsacyjnym i wytwarza także dużo światła widzialnego.

Przyszłością wytwarzania promieni UV-C są, jak w całej technice oświetleniowej, diody elektroluminescencyjne (LED). Na rynku pojawiają się urządzenia emitujące ponad 80 mW na moduł. Ich sprawność jest stopniowo zwiększana, a koszt produkcji – coraz niższy. Zastosowanie LED-ów umożliwi dużą elastyczność w projektowaniu systemu promieni UV. Jak wskazują prognozy rynkowe [8], sprawność i cena produkcji LED-ów UV-C będą coraz bardziej atrakcyjne, dlatego stopniowo zastąpią one lampy rtęciowe i ksenonowe w rozwiązaniach wymagających dużej mocy, co z kolei wymaga od producentów rozwijania obudów do takich zastosowań.

Pod względem technicznym lampy UV-C mogą stanowić:

- moduły przeznaczone do dezynfekcji ciągłej strumienia powietrza wentylacyjnego – bezpośredniego montażu w instalacji wentylacyjnej;
- lampy montowane bezpośrednio w pomieszczeniu (na odpowiedniej wysokości – powyżej strefy przebywania ludzi), zapewniające dezynfekcję powietrza w górnej części pomieszczenia, ze wsparciem konwekcji;
- urządzenia mobilne (wolnostojące) różnej wielkości w odpowiednich osłonach.

Lampy UV-C przeznaczone do ciągłej dezynfekcji strumienia powietrza wentylacyjnego należy montować w kanale nawiewnym lub w centrali wentylacyjnej – można zaplanować je zarówno w instalacji projektowanej, jak i dodać do systemu istniejącego. Zamontowanie lampy w pobliżu wymienników ciepła powoduje odkażenie ich powierzchni i zatrzymanie wzrostu grzybów (np. pleśni) i bakterii (np. z rodzaju *Legionella*). Uzyskanie skutecznej dawki (gęstości) promieniowania UV-C wymaga zachowania odpowiednio niskiej prędkości powietrza i dostosowania mocy lamp do wielkości strumienia powietrza. Stosowanie lamp wewnątrz instalacji zapewnia bezpieczeństwo – promieniowanie nie oddziałuje



Zastosowanie lamp UV-C do dezynfekcji powietrza wentylacyjnego z opatentowanym wspomaganie dezynfekcji; 1 – zaburzacz przepływu powietrza (wydłuża czas ekspozycji patogenów na promienie UV-C), 2 – odbłyśnik promieni UV-C (zwiększa efektywność dezynfekcji przy mniejszym zużyciu energii) Fot. Klingenburg



bezpośrednio na ludzi, a dezynfekcja powietrza nie wpływa na inne jego własności (powietrze nawiewane nie zawiera żadnych produktów ubocznych).

Lampy UV-C stosowane w metodzie promieniowania strefowego (dezynfekcji powietrza w górnej części pomieszczenia) mają formę parabolicznych reflektorów wyposażonych w nieodbijające lamele. Są one montowane w górnej części pomieszczenia, więc promienie UV-C skupiane są w konkretnej strefie – od góry sufitu do 200 cm od podłogi. Powietrze do strefy promieniowania kierowane jest dzięki działaniu wentylacji (konwekcja). Odpowiednia konstrukcja układu optycznego i wysokość gwarantująca promieniowanie poza strefą przebywania ludzi uzupełniane są o odpowiednie osłony. Te trzy czynniki zapewniają bezpieczeństwo osobom obecnym w pomieszczeniu, dlatego rozwiązanie to dobrze sprawdzi się w miejscach, gdzie przebywa dużo ludzi – np. szkołach, biurach, obiektach gastronomicznych, mniejszych obiektach sportowych (np. siłownie) czy sklepach.

Urządzenia mobilne (wolnostojące) obejmują szeroką gamę produktów, od małych przyrządów stawianych np. w gabinetach lekarskich, przez rozwiązania przeznaczone do dezynfekcji np. pokoi hotelowych, po urządzenia służące do zapewnienia czystości mikrobiologicznej w przedszkolach czy transporcie publicznym

Lampy UV-C zapewniające dezynfekcję powietrza – w górnej części pomieszczeń Fot. GLA

(autobus, pociąg). W tej grupie rozwiązań szczególnie ważna jest odpowiednia konstrukcja osłon, które ochronią użytkowników pomieszczeń zarówno przed bezpośrednim oddziaływaniem promieni UV-C, jak i wytwarzaniem ozonu w dezynfekowanym powietrzu.

Żywotność lamp generujących promieniowanie UV-C jest ograniczona i wynosi – zależnie od technologii – do 10 tys. godzin roboczych. Oznacza to spadek wydajności dezynfekcji do ok. 85%

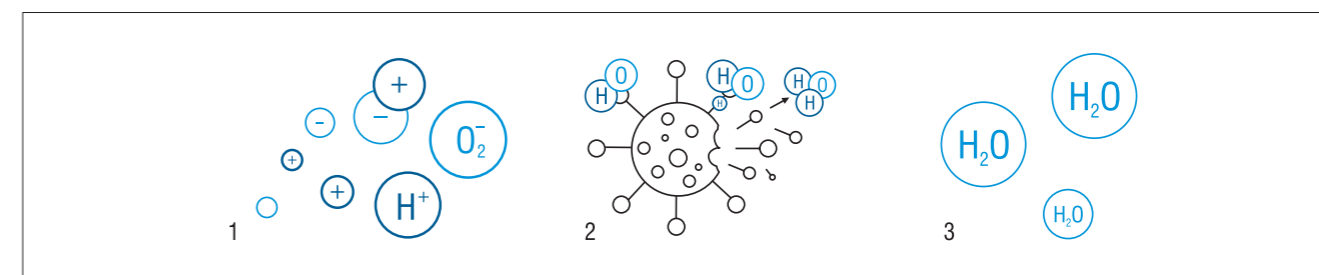
wyjściowej skuteczności i konieczność wymiany lampy. Jeśli specyfika zastosowania powoduje konieczność częstego włączania i wyłączania lamp, należy zapewnić odpowiednie sterowanie i regulację zespołu lamp. Sterowanie powinno umożliwiać tzw. ciepły (miękki) zapłon, co poprawia żywotność lamp przy częstym załączaniu.

Plazma: tajemnicza materia w walce z wirusami

Rozwiązaniem stosowanym przede wszystkim w mobilnych oczyszczaczach powietrza jest generowanie plazmy niskotemperaturowej („zimnej”), którą w odpowiednio zadanym polu elektrycznym można wytworzyć w temperaturze pokojowej. Plazma – czwarty stan skupienia materii – to zjonizowany gaz przewodzący ładunki elektryczne, stanowiący mieszaninę cząsteczek zjonizowanych i niezjonizowanych, atomów w stanie podstawowym i wzbudzonych, wolnych rodników tlenu i azotu, ozonu oraz elektronów i promieniowania UV. Z wartości CT – iloczynu stężenia [mg/l] i czasu kontaktu [min] – wynika, że zimna plazma stanowi skuteczny środek przeciw wszystkim wirusom, w tym SARS-CoV-2 [9].

W eliminacji patogenów główną rolę odgrywają jony dodatnie (H^+) i ujemne (O_2^-). Wiążą się na powierzchni ściany komórkowej grzyba lub bakterii, tworząc reaktywne rodniki (grupy) hydroksylowe (-OH). Grupy -OH utleniają białka, unieszkodliwiając komórkę bakteryjną lub grzybową. W przypadku wirusów dezaktywowane białko to hemaglutynina, która umożliwia wirusowi przyłączenie się do powierzchni infekowanej komórki organizmu gospodarza [11]. Utlenienie hemaglutyniny powoduje, że wirus staje się niegroźny, nawet jeśli znajdzie się w organizmie gospodarza. Reakcja ta nie powoduje powstawania substancji niebezpiecznych w powietrzu – w procesie utleniania rodnik -OH przyłącza wodór (H), tworząc wodę (H_2O) [11].

Informacji o skuteczności generatorów plazmy, stanowiących części oczyszczaczy mobilnych, dostarczają badania, które często inicjowane są przez producentów urządzeń, kiedy pojawiają się nowe wirusy. Przykładowo w 2004 roku jedna z firm zainicjowała badania swojego rozwiązania w japońskim Instytucie Kitasato przy Centralnym Szpitalu Medycznym, uznanym ośrodku badawczym



Schemat tworzenia i działania dezynfekcyjnej plazmy niskotemperaturowej: 1 – tworzenie jonów w polu elektrycznym; 2 – grupa OH- na powierzchni patogenu przez utlenienie degeneruje białka; 3 – produkt utleniania (woda) wraca do powietrza Rys. Sharp

w obszarze wirusów, pod kątem eliminacji wirusa SARS-CoV-1. Badania potwierdziły skuteczność rozwiązania wobec pokrewnego koronawirusa FCoV, powodującego śmiertelną chorobę (zakaźne zapalenie otrzewnej) u kotów – 99,7% tych wirusów jest dezaktywowanych po 40 min oddziaływania urządzenia [11].

Ze względu m.in. na negatywny wpływ ozonu na ludzi, który również jest składnikiem plazmy, generator plazmy i sam zjonizowany gaz powinny być zamknięte w obudowie oczyszczacza i nie mieć kontaktu z powietrzem znajdującym się w pomieszczeniu. Dezaktywacja wirusów powinna zatem odbywać się podczas przepływu powietrza przez oczyszczacz.

Bezpieczna instalacja wentylacyjna i klimatyzacyjna – wytyczne eksploatacyjne

Urządzenia do dezynfekcji powietrza, uzupełniające pracę instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, mają sens pod warunkiem zachowania czystości urządzeń i przewodów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Urządzenia zabrudzone (np. z siedliskami pleśni) lub pracujące na nieoczyszczonym powietrzu obiegowym (np. zawierającym zarodniki grzybów lub przetrwalniki bakterii) mogą stać się źródłem wtórnych zanieczyszczeń powietrza.

W polskim prawie brakuje jednoznacznych, uniwersalnych zasad częstotliwości przeglądów i czyszczenia urządzeń wentylacyjno-klimatyzacyjnych (wskazania dotyczą instalacji dla obiektów gastronomii i służby zdrowia). Jednak zgodnie z dobrą praktyką inspekcja instalacji wentylacyjnej powinna się odbywać raz do roku (czyszczenie zależne od wyniku inspekcji), a urządzenia klimatyzacyjne (szczególnie wymienniki ciepła znajdujące się w pomieszczeniach) powinny być czyszczone co najmniej raz w roku (przed rozpoczęciem „sezonu chłodniczego”), a najlepiej – dwa razy do roku (przed i po rozpoczęciu sezonowego użytkowania urządzeń).

Wśród oficjalnych zaleceń Państwowego Zakładu Higieny [6] dla eksploatacji instalacji wentylacyjno-klimatyzacyjnych w okresie pandemii znajduje się m.in. taki zapis:

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 [6].

Wśród wymienników ciepła należy wymienić parowniki w jednostkach wewnętrznych klimatyzacji (split, multi-split, VRF/VRV). Powinny być one dezynfekowane z zastosowaniem specjalistycznych środków dezynfekujących – bakterio- i grzybobójczych lub uniwersalnych. Płyny do dezynfekcji mogą zawierać środki toksyczne dla człowieka (np. aldehydy, alkohole, kwas nadoctowy czy

związki uwalniające chlor), choć można też spotkać rozwiązania alternatywne, np. poliaminy, co może zwiększyć bezpieczeństwo środka czyszczącego dla serwisanta i użytkowników klimatyzacji.

W obszarze jednostki wewnętrznej oczyścić należy przede wszystkim lamele parownika oraz znajdującą się pod nim tacę skroplin (ociekową). Taca skroplin wymaga specjalnej uwagi, ponieważ panują na niej warunki sprzyjające rozwojowi mikroorganizmów, szczególnie grzybów. Jeśli zebrał się na niej muł i szlam, trzeba ją wymontować, umyć strumieniem gorącej wody pod ciśnieniem i oczyścić środkiem grzybobójczym.

Parownik można zmywać od góry roztworem środka dezynfekującego o odpowiednim stężeniu – przy takiej metodzie środek czyszczący przepływa przez wszystkie lamele, a następnie spłukuje tacę skroplin, z której odpływa do kanalizacji. Drugą możliwą metodą jest zastosowanie aktywnej piany – należy za pomocą odpowiednich dysz zaaplikować ją z niewielkiej odległości (15–20 cm) na ok. 10 min na czyszczoną powierzchnię. Po upływie zaleczonego czasu należy zebrać pozostałości preparatu suchą czystą szmatką, gąbką lub mopem – bez potrzeby spłukiwania lub szorowania.

Parownik można także zabezpieczyć preparatami o działaniu długotrwałym – np. na lamele można zaaplikować środek z nanocząstkami srebra, które blokują rozwój mikroorganizmów, a na tacy skroplin umieszcza się kostkę grzybobójczą. Kostka ta rozpuszcza się w gromadzonych skroplinach, stopniowo uwalniając substancje czynne.

Środki do czyszczenia jednostek wewnętrznych powinny – jako środki biobójcze – mieć atest PZH wskazujący, że nie oddziałują negatywnie na zdrowie użytkowników klimatyzacji. Konieczne jest także pozwolenie na obrót – jego potwierdzeniem jest wpisanie środka biobójczego do *Wykazu produktów biobójczych* Urzędu Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, zgodnie z art. 7 ustawy o produktach biobójczych [16]. Wpisanie produktu do wykazu jest jednocześnie potwierdzeniem jego skuteczności. Zgodnie z rozporządzeniem UE nr 528/2012 [13] konieczne jest udowodnienie skuteczności danego preparatu, według wymogów zawartych w załączniku III do tego rozporządzenia. Badania pod kątem skuteczności preparatów biobójczych prowadzi w Polsce m.in. PZH.

Dodatkowo preparaty, które są dostępne na rynku amerykańskim, znajdują się na jednej z list amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (Environmental Protection Agency). Obecnie najbardziej interesująca jest lista N, obejmująca zarejestrowane środki dezynfekcyjne na pojawiające się wirusy i koronawirusy ludzkie, z możliwością stosowania przeciwko rozprzestrzenianiu wirusa SARS-CoV-2 [7].

Zgodnie z zaleceniem PZH środki biobójcze do odkażenia instalacji wentylacyjnej w aspekcie walki z rozprzestrzenianiem wirusa SARS-CoV-2 powinny być właśnie środkami z wykazu Urzędu o potwierdzonej skuteczności. Niezwykle ważne jest też ich stosowanie przez osoby odpowiednio przeszkolone i stosujące środki ochrony osobistej – najlepiej pracowników specjalistycznych firm [6].

Literatura

1. About UV-C, http://en.gla-uvc.nl/pagina/about_uvc (dostęp: 17.07.2020).
2. ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols (zatwierdzony przez Radę Nadzorczą ASHRAE), Atlanta, 14 kwietnia 2020 (dostęp: 27.04.2020).
3. Chmiel M.J. i in.: *Problemy monitoringu zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza*, „Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie”, tom 15, nr 1 (4), s. 17–27, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, 2015.
4. Downes A., Blunt T.P., *On the Influence of Light upon Protoplasm*, Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 28, No. 190–195, p. 199–212, Royal Society of London, 1879, DOI:10.1098/rspl.1878.0109.
5. *Environmental Control for Tuberculosis: Basic Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation Guidelines for Healthcare Settings*, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta 2009, www.cdc.gov/niosh/docs/2009-105/pdfs/2009-105.pdf (dostęp: 17.07.2020).
6. Juszczak G., *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*, pismo Państwowego Zakładu Higieny nr B-BK-547-66/20, Warszawa, 8 maja 2020.
7. List N: *Disinfectants for Use Against SARS-CoV-2 (COVID-19)*, US Environment Protection Agency, June 2020, <https://www.epa.gov/pesticide-registration/list-n-disinfectants-use-against-sars-cov-2-covid-19> (dostęp: 17.07.2020).
8. Karlicek R. Jr., *Germicidal UVC radiation: Fact and fiction about killing pathogens*, webinarium Center Lighting Enabled Systems & Applications (LESA), Rensselaer Polytechnic Institute, 18 czerwca 2020.
9. Kozielski L., *Plazma i jej przeciwdrobnoustrojowe właściwości*, <https://us.edu.pl/dr-hab-inz-lucjan-kozielski-plazma-i-jej-przeciwdrobnoustrojowe-wlasciwosci> (dostęp: 17.07.2020).
10. Materiały techniczne firm: GLA, Klingenburg, Rectroseal, Signify, Trotec, Wigmors.
11. *Plasmacluster Ions™ Inactivate an Airborne Corona Virus – A World First Verification Research Conducted Jointly with the Kitasato Institute*, informacja prasowa Sharp, Osaka 2004, https://global.sharp/pci/en/certified/pdf/viruses_01.pdf (dostęp: 17.07.2020).
12. PN-EN 1822:2009 *Wysokoskuteczne filtry powietrza (EPA, HEPA i ULPA)*.
13. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012 z dnia 22 maja 2012 r. w sprawie udostępniania na rynku i stosowania produktów biobójczych (Dz.Urz. UE L 167/1 z 27.06.2012).
14. Ryan K., McCabe K., Clements N., Hernandez M., Miller S.L., *Inactivation of Airborne Microorganisms Using Novel Ultraviolet Radiation Sources in Reflective Flow-Through Control Devices*, „Aerosol Science and Technology” 2010, Vol. 44, No. 7, p. 541–550, Taylor and Francis Group, London 2010, DOI:10.1080/02786821003762411.
15. *Signify and Boston University validate effectiveness of Signify's UV-C light sources on inactivating the virus that causes COVID-19*, <https://www.signify.com/global/our-company/news/press-releases/2020/20200616-signify-boston-university-validate-effectiveness-signify-uv-c-light-sources-on-inactivating-virus-that-causes-covid19> (dostęp: 17.07.2020).
16. Ustawa z dnia 9 października 2015 r. o produktach biobójczych (t.j. DzU 2017, poz. 122).
17. Wojtas K., *Możliwość okresowego zwiększania skuteczności filtracji w instalacjach wentylacji mechanicznej dzięki zastosowaniu autonomicznych modułów filtracyjnych na przykładzie PARTICLE+*, materiały konferencyjne XV Konferencji „Problemy jakości powietrza wewnątrz w Polsce”, Politechnika Warszawska, Warszawa 2019.

Joanna Ryńska

WIRUSY NIE MAJĄ SZANS. PROFESJONALNY OCZYSZCZACZ POWIETRZA WOLF DLA HOTELI, PRZEDSZKOLI, BIUR I NIE TYLKO.



- Konstrukcja spełniająca rygorystyczne normy VDI 6022
- Skuteczna filtracja > 99,995% cząsteczek aerozoli dzięki filtrom HEPA H14
- Niezwykle cicha praca na poziomie zaledwie 34 db(A) w trybie standardowym
- Wysoka wydajność filtracji - aż 4-6 objętości pomieszczenia na godzinę [do 1200 m³/h]
- Wylot powietrza na poziomie 2,3m - optymalne rozproszanie powietrza
- Plug&Play - podłącz do gniazdka i gotowe



Więcej na polska.wolf.eu/technika-wentylacyjna/oczyszczacz-powietrza

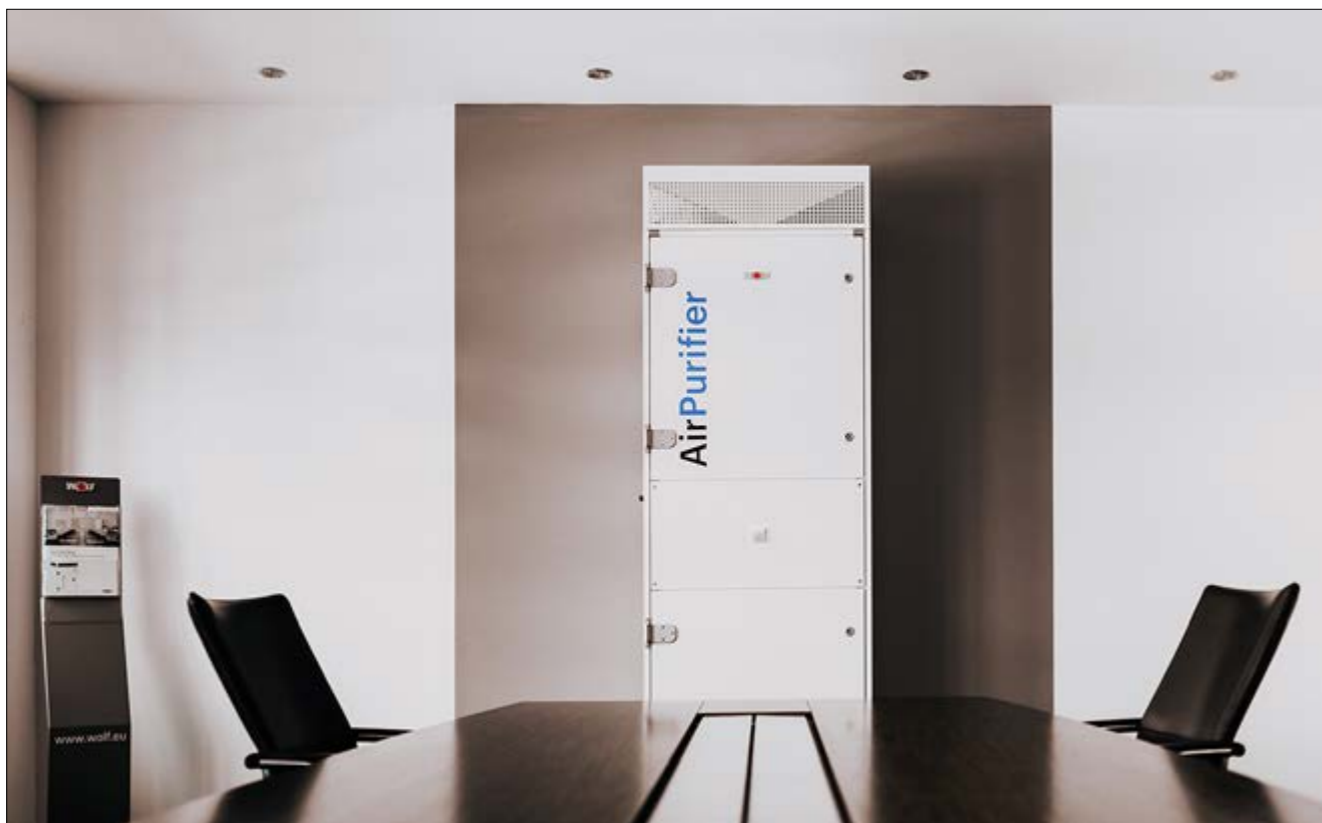
WWW.POLSKA.WOLF.EU

PERFEKCYJNIE DOPASOWANY DO CIEBIE.

WOLF

Czyste powietrze w przedszkolach i salach lekcyjnych – rozwiązania od WOLF

Zdrowie jest najważniejsze – zdanie, które słyszymy od dawna, stało się w roku 2020 aktualne jak nigdy. Wiele zagrożeń czyha na nas w powietrzu. Tym samym, którego potrzebujemy do życia i którym oddychamy 24 godziny na dobę. Smog, wirusy, bakterie... Zagrożenie jest niewidoczne, ale bardzo realne. Dlatego tak ważne jest dbanie o odpowiednią jakość powietrza, zwłaszcza w szkołach i przedszkolach, aby nie narażać dzieci na większe ryzyko zachorowania na szereg różnych chorób już od najmłodszych lat. WOLF ma rozwiązania, które będą skuteczne w każdych warunkach.



Tam, gdzie jest to możliwe, proponujemy montaż CGL – kompaktowych central wentylacyjnych o wysokiej wydajności, dbających o dostarczenie świeżego powietrza o najwyższej jakości, zapewniających ciągłą wentylację pomieszczeń, w których przebywają dzieci. Tam, gdzie z różnych powodów takie rozwiązanie nie jest możliwe, polecamy nowość! Profesjonalny oczyszczacz powietrza WOLF AirPurifier. Rozwiązanie typu plug & play dla niezwykle łatwego, szybkiego i, co najważniejsze, skutecznego oczyszczania powietrza w przedszkolach i salach lekcyjnych.

WOLF CGL – wydajna wentylacja z odzyskiem ciepła dla szkół i przedszkoli

Zapewnienie odpowiedniej wentylacji w szkołach i przedszkolach jest niezwykle ważne. Odpowiednia wymiana powietrza to podstawa, zwłaszcza gdy musimy walczyć z rozprzestrzenianiem się wirusów, a coraz większym problemem staje się smog. Dlatego potrzebny jest wydajny system wentylacji, który nie tylko zapewni wymianę powietrza w sali szkolnej lub przedszkolu, ale także zadba o jego odpowiednią jakość.

Centrala CGL jest przeznaczona przede wszystkim do sal szkolnych i przedszkoli. Urządzenie zostało zaprojektowane z myślą o wydajnej wentylacji pojedynczych pomieszczeń. Powietrze nawiewane do pomieszczenia jest skutecznie filtrowane, dzięki czemu drobne zanieczyszczenia powietrza czy pyłki nie dostaną się do sali szkolnej. Dzięki dostępnemu dodatkowo czujnikowi poziomu CO₂ możliwe jest dostosowanie wentylacji do aktualnych potrzeb. Komfort cieplny zapewnia wydajny, przeciwprądowy wymiennik ciepła wykonany z aluminium, o sprawności ponad 90%. W standardzie znajduje się także bypass, umożliwiający ominięcie wymiennika ciepła latem.

To, co wyróżnia CGL to bardzo cicha praca (37 dB(A) przy 500 m³/h) dzięki wbudowanemu tłumikowi, solidna jakość wykonania, kompaktowa, łatwa do instalacji konstrukcja i wysoka wydajność wentylacji (do 800 m³/h). Dzięki odpowiedniemu wygłuszeniu urządzenie może być zamontowane w tym samym pomieszczeniu, w którym przebywają dzieci. Centrale CGL to urządzenia plug&play w pełni okablowane i gotowe do podłączenia.

Najważniejsze cechy:

- Wysoka wydajność od 300 do 800 m³/godz.
- Kompaktowa i solidna konstrukcja.
- Energooszczędne wentylatory z regulowanym silnikiem EC.
- Możliwa regulacja jakości powietrza przez czujnik CO₂.
- Odzysk ciepła przez wysokowydajny przeciwprądowy wymiennik ciepła o sprawności powyżej 90%.
- Seryjnie montowany bypass.
- Łatwe do wymiany filtry kasetowe F7 i M5.
- Wbudowany tłumik powietrza nawiewanego i wywiewanego.
- Urządzenie jest dostarczane w stanie gotowym do podłączenia.
- Szeroka oferta osprzętu.
- Urządzenia są zgodne ze wszystkimi właściwymi normami i wytycznymi, np. VDI 6022, VDI 3803, DIN EN 13779.

Higienicznie czyste powietrze w salach lekcyjnych. WOLF AirPurifier – profesjonalny oczyszczacz powietrza!

Wirusy i bakterie występują w powietrzu w postaci aerozoli. Aby zmniejszyć ich stężenie, potrzebne jest regularne wietrzenie sal lekcyjnych, wydajny system wentylacji lub oczyszczacz powietrza o odpowiednich parametrach. Jak pokazały badania przeprowadzone przez Instytut na Uniwersytecie Technicznym w Berlinie, regularne otwieranie okien nie gwarantuje niskiego stężenia aerozoli w powietrzu. W przeprowadzonym eksperymencie, okna w klasie szkolnej były cały czas uchylone, a co 20 minut otwierane na oścież. Badanie wykazało, że stężenie aerozoli rzeczywiście spada po otwarciu okien, jednak potem bardzo szybko znów rośnie do wartości, które zwiększają prawdopodobieństwo zarażenia. Okazało się, że wystarczy 5 minut, aby szkodliwe cząsteczki rozprzestrzeniły się w całej klasie, nawet jeśli zarażona osoba jedynie oddycha, a więc nie kaszle, nie kicha i nie mówi.

AirPurifier został stworzony specjalnie z myślą o szkołach i przedszkolach. Sale lekcyjne to klasyczny przykład pomieszczenia, w którym nie jest możliwe stałe wietrzenie poprzez otwarte okna, zwłaszcza zimą. Często nieskuteczne są także systemy wentylacji, nieprzystosowane do obsługi pomieszczeń, w których stale przebywają duże grupy osób. AirPurifier skutecznie rozwiąże te problemy! Jego solidna konstrukcja i niemiecka jakość wykonania zapewniają bezpieczeństwo i trwałość urządzenia. Jest to też najcichszy oczyszczacz powietrza w swojej klasie!

Wielkość pomieszczenia i wymagana wielkość przepływu powietrza

Powierzchnia pomieszczenia w m ²	Filtracja 4x/h objętości pomieszczenia (m ³ /h)	Filtracja 5x/h objętości pomieszczenia	Filtracja 6x/h objętości pomieszczenia
20	200	250	300
30	300	375	450
40	400	500	600
50	500	625	750
60	600	750	900
70	700	875	1050
80	800	1000	1200
96	960	1200	–
120	1200	–	–

Dzięki zastosowaniu wydajnego filtra HEPA H14 (zgodnego z normą DIN EN 1822) stopień separacji niepożądanych cząstek, w tym także aerozoli, w których znajdują się bakterie i wirusy, wynosi aż do 99,995%. Najnowocześniejsza technologia wentylatorów pozwala na niezwykle wydajną filtrację 4–6 objętości pomieszczenia w ciągu godziny. Jest to optymalny współczynnik filtracji, który pozwala na utrzymywanie stale niskiego poziomu szkodliwych cząsteczek w powietrzu. AirPurifier

osiąga wydajność filtracji do 1200 m³/h co czyni go odpowiednim dla pomieszczeń do 120 m²!

Najważniejsze cechy:

- Niezwykle skuteczna filtracja > 99,995% cząsteczek.
- Wylot powietrza na wysokości 2,30 m zapobiegający nieprzyjemnym przeciągom.
- Bardzo cicha praca (34 dB(A) w trybie normalnym).
- Wysoki współczynnik filtracji powietrza 4–6x objętość pomieszczenia (do 1200 m³/h).
- Neutralizacja zapachów.
- Czujnik ruchu z ustawieniem czasowym pozwala uniknąć niepotrzebnej pracy w nocy lub w weekendy.
- Niski pobór mocy elektrycznej, zaledwie 40–275 W.
- Bezproblemowa instalacja Plug&Play.
- Wytrzymałość i bezpieczeństwo.

Zachęcamy do obejrzenia filmów o oczyszczaczu Wolf AirPurifier:
<https://youtu.be/HK4Ut4pPqcg> i <https://youtu.be/310M5aoBk0Q>.



WOLF – specjaliści od dobrego powietrza

Firma WOLF to jeden z czołowych dostawców systemów grzewczych i klimatyzacyjnych, obecny w ponad 50 krajach na 6 kontynentach. Dostarcza rozwiązania wentylacyjne dla jednych z największych i najbardziej znanych obiektów na świecie, takich jak Stadion Narodowy w Warszawie czy Allianz Arena w Monachium. Urządzenia WOLF to niemiecka jakość wykonania, najwyższa jakość podzespołów i innowacyjność, której dowodem są nowatorskie rozwiązania takie jak AirPurifier, najcichszy oczyszczacz powietrza w swojej klasie.

* * *

Jeśli chcesz się z nami skontaktować, napisz na adres wolf@wolf-polska.pl.

Wolf-Technika Grzewcza Sp. z o.o.
Sokołowska 36, 05-806 Sokołów
22 720 69 01
wolf@wolf-polska.pl, www.polska.wolf.eu



<p>AFPRO FILTERS POLAND SP. Z O.O. ul. Grójecka 208, 02-390 Warszawa +48 52 880 85 00 sprzedaz@afprofilters.pl, www.afprofilters.pl</p>	
<p>BERLINERLUFT. TECHNIK SP. Z O.O. ul. Chocimska 13, 78-200 Białogard tel. +48 94 347 05 50, tel. kom. +48 608 295 781 biuro@berlinerluft.pl, www.berlinerluft.pl</p>	
<p>ALFACO POLSKA SP. Z O.O. ul. Krakowska 141-155, 50-428 Wrocław tel. 71 340 05 75, fax 71 335 21 42 alfaco@alfaco.pl, www.carel.pl</p>	
<p>DAIKIN AIRCONDITIONING POLAND SP. Z O.O. ul. Taśmowa 7, 02-677 Warszawa tel. 22 319 90 00 office@daikin.pl, www.daikin.pl</p>	
<p>FRAPOL SP. Z O.O. ul. Mierzeja Wiślana 8, 30-832 Kraków tel. +48 12 653 27 66 e-mail: sekretariat@frapol.com.pl www.frapol.com.pl</p>	
<p>FIRMA BARTOSZ SP.J. BUJWICKI, SOBIECH ul. Sejneńska 7, 15-399 Białystok tel. 85 745 57 12, fax 85 745 57 11 wentylacja@bartosz.com.pl www.bartoszwentylacja.com.pl</p>	
<p>ROSENBERG POLSKA SP. Z O.O. Aleje Jerozolimskie 200, 02-486 Warszawa tel. +48 22 720 67 73 biuro@rosenberg.pl, www.rosenberg.pl</p>	
<p>SYSTEMAIR SA Al. Krakowska 169, Łazy 05-552 Wólka Kosowska tel. +48 22 703 50 00, fax +48 22 703 50 99 info@systemair.pl, www.systemair.com</p>	
<p>ROSENBERG POLSKA SP. Z O.O. Aleje Jerozolimskie 200, 02-486 Warszawa tel. 604 822 658 biuro.wellisair.pl, www.wellisair.pl</p>	
<p>WOLF-TECHNIKA GRZEWCZA SP. Z O.O. Sokołowska 36, 05-806 Sokołów 22 720 69 01 wolf@wolf-polska.pl, www.polska.wolf.eu</p>	

Tu może znaleźć się Twój wpis w Katalogu firm