

WENTYLACJA I KLIMATYZACJA

Builder
DODATEK BRANŻOWY
marzec 2016



Fot. arch. Alnor



Zdjęcie: archiwum SWAY

PARTNERZY DODATKU



AERECO. NIEBYWALE SPRAWNA WENTYLACJA POŻAROWA. JAKOŚĆ WYKONANIA. SKUTECZNOŚĆ DZIAŁANIA.



WSPARCIE PROJEKTOWE

ANALIZA CFD

DOSTARCZENIE WENTYLATORÓW

CZUJNIKI I TABLICE OSTRZEGAWCZE

CERTYFIKOWANA AUTOMATYKA STERUJĄCA

KŁAPY PRZECIWPOŻAROWE

URUCHOMIENIE INSTALACJI

TESTY DYMOWE

AERECO. BEZPIECZNY GARAŻ. SYSTEM EXIT.GP.

AERECO EXIT.GP to system gwarantujący energooszczędną wentylację bytową i skuteczną wentylację pożarową wielostanowiskowych garaży podziemnych.

Firma AERECO posiada bogatą ofertę urządzeń oraz narzędzi inżynierskich, umożliwiających zapewnienie bezpieczeństwa w garażach podziemnych. Oferujemy wsparcie projektowe, analizę CFD, rozmieszczenie i dostawę czujników oraz tablic ostrzegawczych, dostawę oraz montaż: wentylatorów, certyfikowanej automatyki

sterującej, kłap przeciwpożarowych. Dodatkowo wykonujemy próby dymowe oraz zapewniamy wsparcie serwisowe.

Nasze rozwiązania gwarantują skuteczną i bezawaryjną pracę systemu oraz zapewniają bezpieczeństwo jego użytkownikom.



AERECO

www.aereco.com.pl



We care about Air



■ klimatyzacja ■ wentylacja ■ ogrzewanie

Grupa KLIMA-THERM jest wiodącym dostawcą najwyższej klasy systemów klimatyzacyjnych i wentylacyjnych. W swojej ofercie posiada bogate portfolio rozwiązań dedykowanych do użytku profesjonalnego, jak również przeznaczonych na potrzeby odbiorców indywidualnych.

Profesjonalizm oraz doświadczenie zdobyte na przestrzeni wielu lat aktywnej działalności w branży HVACR, dziś plasują firmę na pozycji lidera rynku urządzeń klimatyzacyjnych i wentylacyjnych w Polsce.

Dbamy o komfort powietrza. Dbamy o Twój komfort i Twój sukces w biznesie!

KLIMOR

FUJITSU

KLIMA THERM
by CLINT

SABIANA
IL CLIMA AMICO

AERIAL

COTES

ktg.pl

Systemy wentylacji

a jakość powietrza w budynkach edukacyjnych

dr inż. Joanna Ferdyn-Grygierek
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki Odpylania

Polskie przepisy nie narzucają rozwiązań co do rodzaju wentylacji w szkołach. Rodzi się zatem pytanie, jakie rozwiązanie oferuje największą kontrolę nad środowiskiem w pomieszczeniach edukacyjnych.

Budynki edukacyjne zaliczane są do obiektów użyteczności publicznej. Szczególne jest jednak ich przeznaczenie. Są nie tylko miejscem pracy nauczycieli, ale przede wszystkim miejscem edukacji głównych użytkowników – dzieci. Dzieci i młodzież spędzają prawie 14 tys. godzin swojego życia, wdychając powietrze szkolnych budynków, a są one bardziej niż dorośli podatne na zanieczyszczenia powietrza.

Specyfika obiektu

Budynki edukacyjne charakteryzują się dużym zagęszczeniem osób w pomieszczeniach i dużą zmiennością obciążeń cieplnych. Są w przeciwieństwie do budynków mieszkalnych w ogóle nieeksploatowane w wybranych okresach (weekendy, ferie, wakacje). Należy zwrócić uwagę, że budynki edukacyjne to często całe kompleksy obiektów o pełnym spektrum cech funkcjonalnych, obejmujące pomieszczenia o charakterze [1] czysto edu-

kacyjnym (sale lekcyjne, wykładowe, seminaryjne), sportowym (sale gimnastyczne, baseny), hotelowym (bursy, domy studenckie) i widowiskowym (sale audiowizualne, aule). Dlatego kształtując parametry mikroklimatu w pomieszczeniach budynków edukacyjnych, należy wziąć pod uwagę ich specyficzny charakter.

Wentylacja, ale jaka?

Podstawowym sposobem poprawy warunków mikroklimatu i jakości powietrza w pomieszczeniach jest odpowiednia wentylacja. Ma ona za zadanie doprowadzenie świeżego powietrza o takich parametrach, które będą odpowiadały normom oraz zapewniały dobre samopoczucie ludziom. Funkcją wentylacji jest rozcieńczanie wytwarzanych zanieczyszczeń. W zamkniętych pomieszczeniach większość tych zanieczyszczeń to gazy naturalne produkowane przez ludzi, w tym przypadku przez uczniów i nauczycieli, oraz lotne związki or-

ganiczne pochodzące z wyposażenia pomieszczeń, a także bakterie i grzyby. Biozanieczyszczenia wytwarzane przez ludzi oraz jednocześnie generowany metabolicznie dwutlenek węgla są ze sobą ściśle skorelowane. Sam dwutlenek węgla jest bezwonny i nie powoduje ujemnych reakcji. Stężenie CO₂ jest natomiast łatwe do zmierzenia, dlatego jest to bardzo dobry i powszechnie stosowany wskaźnik jakości powietrza wewnętrznego.

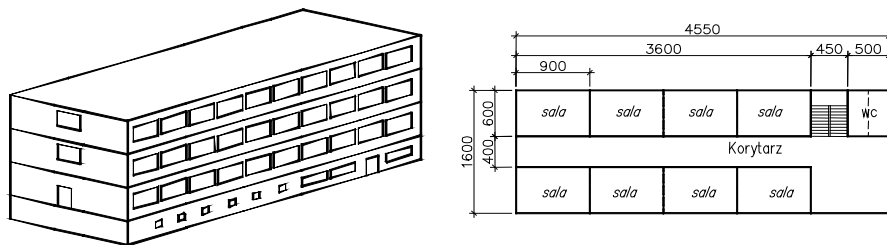
W większości norm określających niezbędny strumień powietrza wentylacyjnego stosuje się limit stężenia CO₂ wynoszący 1000 ppm, podany w 1858 roku przez niemieckiego fizjologa Pettenkofera. Nieprzekraczanie takiego stężenia CO₂ w powietrzu wymaga dostarczania 20-30 m³/h świeżego powietrza na jedną osobę – w przypadku ludzi o małej i średniej aktywności fizycznej [2]. Polska norma PN-83/B-03430/Az3:2000 [3] określa strumień objętości powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach prze-

znaczonych na stały i czasowy pobyt ludzi na poziomie $20 \text{ m}^3/\text{h}$ dla każdej przebywającej osoby.

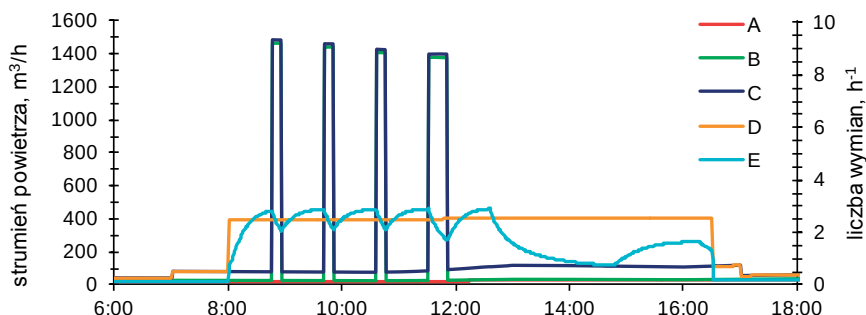
Polskie przepisy nie narzucają rozwiązań co do rodzaju wentylacji w szkołach. W większości przypadków jest stosowana wentylacja naturalna, która przy obecnym poziomie szczelności budynków nie spełnia swojego zadania. Wzrastająca hermetyzacja budynków poprzez zabudowę nowoczesnych okien oraz szczelnych konstrukcji przegród zewnętrznych nie pozwala na swobodną infiltrację powietrza. Z drugiej strony mała wysokość budynku (zazwyczaj dwie, trzy kondygnacje) ograniczająca długość przewodów wentylacji grawitacyjnej (szczególnie dla ostatniej kondygnacji) powoduje, że w okresach bezwietrznych podstawowa wartość ciśnienia czynnego powodującego przepływ powietrza jest niewielka. Takie warunki praktycznie uniemożliwiają zaprojektowanie efektywnie działającego systemu wentylacji grawitacyjnej. Wskazane jest więc, aby stosowane były inne rozwiązania.

Najprostsze rozwiązania

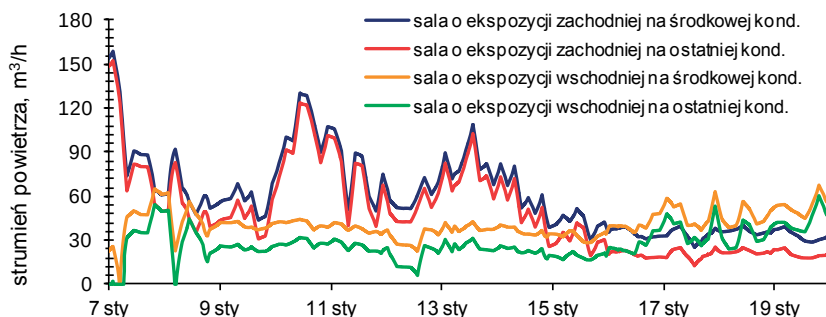
Najprostszym zaleceniem jest częste wietrzenie pomieszczeń szkolnych przez otwieranie okien. Wymuszone w czasie przerw otwieranie okien i drzwi jest w wielu przypadkach niewygodne, powoduje przeciągi i napływ zewnętrznych zanieczyszczeń oraz hałasu ulicznego. Następnym prostym i tanim rozwiązaniem jest zastosowanie nawiewników powietrza, montowanych w oknach lub w ścianach. Rozwiązanie to, pomimo umożliwienia napływu powietrza do pomieszczeń, nie podnosi jednak skuteczności wentylacji naturalnej w okresach bezwietrznych. Przy zastosowaniu nawiewników można opcjonalnie montować na końcach kanałów wentylacyjnych wentylatory wywiewne. Praca wentylatorów tworzy w budynku podciśnienie, powietrze samoczynnie dostaje się więc do pomieszczeń przez otwory nawiewne. Możliwe jest także stosowanie hybrydowego systemu wentylacji łączącego działanie wentylacji naturalnej z wentylacją mechaniczną wywiewną. Wentylatory uruchamiane są jedynie w przypadku, gdy działanie wentylacji naturalnej jest niewystarczające. System ten eliminuje największą wadę wen-



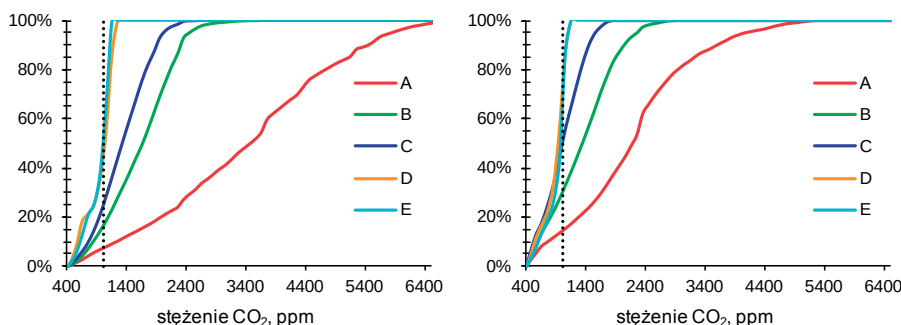
Rys. 1. Model budynku szkoły. Rozmieszczenie pomieszczeń na kondygnacji powtarzalnej



Rys. 2. Strumień powietrza dla pięciu rozpatrywanych wariantów w wybranej sali lekcyjnej (sala usytuowana na ostatniej kondygnacji po stronie zachodniej budynku) w jednym dniu stycznia



Rys. 3. Przebieg zmienności strumienia powietrza dla dwóch wybranych tygodni stycznia (wariant A) dla czterech przykładowych sal lekcyjnych



Rys. 4. Skumulowany rozkład (dystrybucja) stężenia CO_2 w styczniu dla sali lekcyjnej usytuowanej na ostatniej kondygnacji po stronie wschodniej (z lewej) oraz na środkowej kondygnacji po stronie zachodniej (z prawej) we wszystkich rozpatrywanych wariantach. Linia przerywana wskazuje granicę 1000 ppm

tylacji mechanicznej, tj. zużywanie znacznej ilości energii do prawidłowego działania systemu, odpowiednio zaprojektowana instalacja wentylacji hybrydowej dostosowuje się bowiem do zmieniających się w cią-

gu roku, a nawet w ciągu dnia parametrów środowiska zewnętrznego, spełniając jednocześnie wymogi dotyczące jakości powietrza wewnętrznego w połączeniu z oszczędnością energii.

Wskaźnik jakości powietrza wewnętrznego

Stężenie CO₂ jest łatwe do zmierzenia, dlatego jest to bardzo dobry i powszechnie stosowany wskaźnik jakości powietrza wewnętrznego. W większości norm określających niezbędny strumień powietrza wentylacyjnego stosuje się limit stężenia CO₂ wynoszący 1000 ppm, podany w 1858 roku przez niemieckiego fizjologa Pettenkofera. Nieprzekraczanie takiego stężenia CO₂ w powietrzu wymaga dostarczania 20-30 m³/h świeżego powietrza na jedną osobę – w przypadku ludzi o małej i średniej aktywności fizycznej.

System wentylacji nawiewno-wywiewnej

Rozwiązaniem oferującym największą kontrolę nad środowiskiem w pomieszczeniach edukacyjnych jest zastosowanie systemu wentylacji nawiewno-wywiewnej. Systemy takie są wyposażone w urządzenia do odzysku ciepła oraz w filtry zapewniające odpowiednią czystość świeżego powietrza. Obecnie urzą-

dzenia do odzysku ciepła mają wysoką sprawność, od ok. 50-70% (wymiennik krzyżowy) do ok. 80-90% (wymiennik obrotowy lub przeciwprądowy). W ostatnich latach coraz powszechniej stosowane są systemy o zmiennej ilości powietrza wentylacyjnego sterowane stężeniem metabolicznie wytwarzanego dwutlenku węgla – systemy DCV (Demand Control Ventilation). Wentylacja mechaniczna pracująca w systemie ze zmienną ilością powietrza pozwala na dostosowanie intensywności wentylacji do liczby osób przebywających w pomieszczeniu. Takie sterowanie wydajnością systemów wentylacyjnych gwarantuje stałe pokrywanie zapotrzebowania na świeże powietrze przy minimalnym zużyciu energii przez system wentylacji. Obecny rozwój technologii sprawił, że koszt instalowania czujników w każdym wymagającym wentylacji pomieszczeniu nie jest większy od zysku, który ma wynikać z przyszłej oszczędności energii.

Dobrym rozwiązaniem jest także zastosowanie recyrkulacji powietrza. Powietrze wywiewane z pomieszczenia jest mieszane z odpowiednią, wymaganą ilością powietrza zewnętrznego, filtrowane i nawiewane ponownie do pomieszczenia. Stosowanie tego rozwiązania pozwala na zmniejszenie ilości energii potrzebnej na ogrzanie powietrza wentylacyjnego, szczególnie nie jest użytkowane.

Zastosowanie wentylacji mechanicznej jest rozwiązaniem dużo

droższym inwestycyjnie od wentylacji opartej na nawiewnikach powietrza, jednak zapewnia dużo większą kontrolę nad warunkami panującymi w pomieszczeniu. Ma to ogromny wpływ na samopoczucie ludzi w nich przebywających. Nabiera to szczególnej wagi w przypadku pomieszczeń edukacyjnych, gdyż warunki panujące w pomieszczeniu mają wpływ na stopień przyswajania wiedzy.

Analiza wpływu różnych systemów wentylacji na jakość powietrza

Wykorzystując symulację komputerową, przeanalizowano wpływ różnych wariantów wentylacji budynku szkolnego na jakość powietrza w pomieszczeniach. Jako wskaźnik jakości powietrza przyjęto stężenie dwutlenku węgla w salach szkolnych.

Analizy przeprowadzono przy użyciu programu CONTAM, służącego do wielostrefowej analizy wentylacji i jakości powietrza w budynku [4].

Obliczenia przeprowadzono na modelu szkoły podstawowej prowadzącej oddziały I-VI (por. rys. 1). Jest to budynek zwarty, prostopadłościenny, 3-kondygnacyjny z kondygnacją przyziemia, z korytarzem obustronnie obudowanym izbami lekcyjnymi.

Przeanalizowano 5 wariantów wentylacji budynku (por. rys. 2):

A: system wentylacji grawitacyjnej (w budynku nowe okna o współ-



czynnika szczelności $0,9 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{dPa}^{0,67})$);

B: system wentylacji grawitacyjnej jak w wariancie A, sale lekcyjne są dodatkowo wietrzone w czasie przerw przez otwieranie okna o wymiarach $0,8 \times 1,4 \text{ m}$, w pozostałych pomieszczeniach okna są zamknięte;

C: system wentylacji grawitacyjnej jak w wariancie A, okna wszystkich pomieszczeń wyposażone są w nawietrzaki powietrza, sale są wietrzone w czasie przerw, w pozostałych pomieszczeniach okna są zamknięte; w godzinach 17:00-7:00 oraz w dni wolne od pracy nawietrzaki są przykryte do 20% wydajności;

D: system wentylacji mechanicznej wywiewnej, okna wyposażone są w nawietrzaki powietrza, które działają jak w wariancie C, kanały wentylacji grawitacyjnej w salach lekcyjnych oraz w toaletach wyposażone są w wentylatory dachowe o stałej wydajności: sale $470 \text{ m}^3/\text{h}$, toalety $360 \text{ m}^3/\text{h}$; wentylatory działają w dni robocze w godzinach 8:00-16:30, w pozostałym czasie działa wentylacja grawitacyjna;

E: system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej, sale lekcyjne wyposażone są w indywidualne kompaktowe centrale wentylacyjne z odzyskiem ciepła; centrale pracują w godzinach 8:00-16:30 na zmiennym przepływie powietrza sterowanym proporcjonalnie do stężenia dwutlenku węgla, w pozostałym czasie działa wentylacja grawitacyjna; wydajność central dobrze tak, aby średnio w salach lekcyj-

Tabela 1. Średnia liczba wymian powietrza wentylacyjnego w szkole w rozpatrywanym sezonie

		Wariant	A	B	C	D	E
Liczba wymian, h^{-1} (strumień powietrza świeżego na osobę, m^3/h)	Dni robocze od 8 ⁰⁰ do 16 ³⁰	sale lekcyjne	0,3 (1,8)	0,8 (4,9)	1,6 (9,8)	2,6 (15,4)	1,7 (10,4)
		WC	0,2	0,2	2,0	3,1	2,4
		pozostałe pomieszczenia	0,3	0,3	0,5	0,6	0,5
		średnia w całym budynku	0,3	0,4	1,4	2,1	1,5
	Dni robocze od 16 ³⁰ do 8 ⁰⁰ dni wolne od 0 ⁰⁰ do 24 ⁰⁰	sale lekcyjne	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3
		WC	0,2	0,2	0,6	0,6	0,4
		pozostałe pomieszczenia	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
		średnia w całym budynku	0,2	0,2	0,5	0,5	0,3

nych stężenie dwutlenku węgla dla dystrybuanty 50% nie przekroczyło 1000 ppm; pozostałe pomieszczenia jak w wariancie D.

Obliczenia przeprowadzono z krokiem czasowym 1 min. dla chłodnego okresu roku (od października do kwietnia), z uwzględnieniem przerw w nauce oraz dobowej zmienności obciążeń pomieszczeń. Przyjęto, że każda osoba jest źródłem emisji $13 \text{ dm}^3/\text{h}$ dwutlenku węgla. Tło CO_2 w powietrzu zewnętrznym przyjęto na poziomie 400 ppm. Do symulacji warunków zewnętrznych wykorzystano typowy rok meteorologiczny [5].

Wnioski i zalecenia

Obliczenia potwierdziły, że w budynkach z wentylacją naturalną wymiana powietrza jest mocno zróżni-

cowana. Strumień powietrza wywołany siłą wiatru i wyporem cieplnym zależy od usytuowania pomieszczeń w zależności od strony świata i kondygnacji. Pomieszczenia o ekspozycji zachodniej charakteryzuje największa wymiana powietrza. Z kolei najmniejszy przepływ powietrza występuje w pomieszczeniach na ostatniej kondygnacji o ekspozycji wschodniej (por. rys. 3).

Uzyskaną średnią w analizowanym sezonie (od października do kwietnia) zmienność liczby wymian i strumienia powietrza wentylacyjnego (świeżego) dla rozpatrywanych wariantów przedstawiono w tabeli 1. Tak zróżnicowana wymiana powietrza przy zastosowaniu poszczególnych wariantów wentylacji ma odzwierciedlenie w stężeniu zanieczyszczeń w salach (por. rys. 4).



Publiczna szkoła ponadgimnazjalna w Czarnej Wodzie – nowoczesny obiekt o wysokiej efektywności energetycznej zbudowany w zaledwie 15 tygodni.

Przypadek **A** obrazuje stan szkoły z nowymi szczelnymi oknami, w której nie podjęto żadnych prac związanych z modernizacją systemu wentylacji. Wymiana powietrza na poziomie $0,3 \text{ h}^{-1}$ zapewnia bardzo słabą jakość powietrza, przy której stężenie dwutlenku węgla średnio sięga 2800 ppm, a w szczycie osiąga nawet 6000 ppm. Stężenie 1000 ppm jest przekraczane przez 90% czasu trwania lekcji (por. rys. 4).

Sytuację poprawia nieco wietrzenie sal lekcyjnych w czasie przerw (wariant **B**), przeciętna wymiana powietrza zewnętrznego w salach szkolnych wzrasta wtedy z $0,3$ do $0,8 \text{ h}^{-1}$. Należy jednak pamiętać, że stosowanie wietrzenia wymaga dużej dyscypliny i w praktyce niestety wykonywane jest bardzo nieregularnie. Strumień powietrza zewnętrznego, sięgający w czasie wietrzenia ok. 10 h^{-1} , powoduje w okresach niskich wartości temperatury zewnętrznej znaczne obniżenia temperatury wewnętrznej, nawet poniżej 10°C , co może być źródłem dużego dyskomfortu w początkowych okresach lekcji. W praktyce w szkołach stosowana jest wentylacja pośrednia pomiędzy wariantem **A** i **B**. Z tego powodu wymianie okien towarzyszyć powinna modernizacja systemu wentylacji.

Najtańszym sposobem jest zastosowanie okiennych ciśnieniowych nawietrzaków powietrza (wariant **C**). System taki poprawił wymianę powietrza prawie 4 razy w stosunku do stanu z oknami szczelnymi (por. tab. 1), jest jednak ciągle niewystarczający. Stężenie CO_2 tylko przez 30% czasu trwania lekcji nie przekracza 1000 ppm (por. rys. 4). Wynika stąd, że jedynie system wentylacji mechanicznej będzie w stanie zapewnić dobrą jakość powietrza w salach szkolnych.

Montaż wentylatorów dachowych na wylocie z kanałów wentylacji grawitacyjnej (wariant **D**) jest najprostszym (najmniej inwazyjnym) sposobem wprowadzenia wentylacji mechanicznej w istniejącym budynku. Wymiana powietrza w salach lekcyjnych średnio na poziomie $2,6 \text{ h}^{-1}$ daje strumień powietrza przypadający na jednego ucznia w granicach $15 \text{ m}^3/\text{h}$. Jest to wartość nieco niższa od normowej, jednak wystarczająca dla utrzymania dobrej jakości powietrza. Przez 90% czasu stężenie CO_2 nie przekracza 1200 ppm (por. rys. 4).

Zastosowany system wentylacji mechanicznej pozwolił uzyskać wymaganą jakość powietrza wewnętrznego. Był stosunkowo łatwy w wykonaniu, ale można jednak doszukać się w nim pewnych wad. Rozszczelnienie obudowy okien może powodować wzrost hałasu przenikającego do pomieszczeń i umożliwić napływ zanieczyszczeń pyłowych. Należy się również liczyć z możliwością wystąpienia lokalnych przeciągów spowodowanych bezpośrednim napływem zimnego powietrza do sal szkolnych.

Rozwiązaniem dającym największą kontrolę nad jakością środowiska w salach szkolnych jest zastosowanie wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej.

Tych wad pozbawiony jest system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej. Zastosowanie tego systemu daje możliwość znacznie większego wpływu na środowisko wewnętrzne sal szkolnych. Do pomieszczenia nawiewane jest powietrze podgrzane. System pozwala na skuteczną filtrację powietrza i zastosowanie odzysku ciepła z powietrza usuwanego, co korzystnie wpływa na zmniejszenie zużycia ciepła. W przypadku istniejącego budynku trudno mówić o zastosowaniu kanałowego rozprowadzenia powietrza z centralnym jego przygotowaniem. Z tego też powodu zaproponowano tu indywidualne systemy z wykorzystaniem kompaktowych central wentylacyjnych, z wyporowym nawiewem powietrza (wariant **E**). Takie kompletne jednostki wentylacyjne, łatwe w montażu, oferuje na polskim rynku kilka firm, np. Swegon, czy Rosenberg.

W czasie dnia sale charakteryzuja się zmiennym obciążeniem, dlatego zastosowanie wentylacji mechanicznej ze zmiennym strumieniem powietrza dało dobre wyniki i pozwoliło zmniejszyć średni strumień powietrza nawiewanego do sal lekcyjnych o ok. 30% (por. tab. 1) przy utrzymaniu tak samo wysokiej jakości powietrza w czasie trwania lekcji jak w wariantcie **D**.

Trzeba również zwrócić uwagę, że wprowadzenie systemu nawiewno-wywiewnego w salach lekcyjnych i zamknięcie krat grawitacyjnych w czasie jego działania zmieni zna-

cząco układ ciśnienia w budynku i spowoduje zmniejszenie wentylacji w pozostałych pomieszczeniach. Wspomniane braki można zniwelować, na przykład poprzez wprowadzenie dodatkowych nawietrzaków okiennych do tych pomieszczeń.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych analiz wynika, że wentylacja naturalna nie jest w stanie zapewnić właściwej wymiany powietrza. Szczelne okna powodują, że wymiana powietrza staje się rażąco niska ($0,3 \text{ h}^{-1}$). Również zastosowanie nawietrzaków nie poprawia sytuacji w wystarczającym stopniu. Regularne wietrzenie sal lekcyjnych w czasie przerw może zmniejszyć stężenie dwutlenku węgla do 2500 ppm, występują wówczas jednak znaczne obniżenia temperatury wewnętrznej sal lekcyjnych.

Dopiero zastosowanie wentylatorów wywiewnych z jednoczesnym zastosowaniem okiennych nawiewników pozwala utrzymać stężenie dwutlenku węgla na średnim poziomie 1000 ppm. Wprawdzie uzyskanie podwyższonej stabilizacji działania wentylacji dokonuje się dzięki doprowadzeniu dodatkowej energii do napędu wentylatorów, jest to jednak ilość niewielka w porównaniu z kosztem ciepła do ogrzania budynku (maksymalnie 2%).

Jeszcze lepszą kontrolę nad środowiskiem wewnętrznym uzyskamy, stosując system wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Zaproponowany zdecentralizowany system dostosowuje parametry powietrza wentylacyjnego do indywidualnych odczuć użytkowników. Zastosowanie wyporowego nawiewu powietrza stwarza dodatkową możliwość poprawy czystości powietrza w strefie oddychania uczniów. ■

Bibliografia

1. Mróz T., Modernizacja budynków edukacyjnych – ANNEX 36 Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) – Informacja o programie. VI Ogólnopolska Konferencja Problemy Jakości Powietrza Wewnętrznego w Polsce, Warszawa 2001, s. 237-243.
2. Recknagel H., Sprenger E., Schramek R., Kompendium ogrzewnictwa i klimatyzacji. OMNI SCALA, Wrocław 2008.
3. PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.
4. Walton W.G.N., Dols S., CONTAM 2.4 User Guide and Program Documentation, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA 2005.
5. Gawin D., Kossecka E., Typowy rok meteorologiczny do symulacji wymiany ciepła i masy w budynkach, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2002.

Dobry klimat w Twoim domu Nie przepraszaj, załóż wentylację



Rekuperator wewnętrzny HRU-WALL

Odzysk ciepła do **90%**

Cicha praca - zapomnisz,
że go masz w domu

Prosty montaż - usługa
instalatora **100%** zbędna



Rekuperator HRU-MinistAir-W-450

Odzysk ciepła aż do **95%**

Wentylatory **EBM** - oszczędzaj
na energii

Dostępne **filtry klasy F7** -
wybór dla alergików



Rekuperator entalpiczny HRU-ERGO

Odzysk ciepła do **84,5%**

Oszczędność miejsca - zabudowuj
pod sufitem

Wymiennik entalpiczny - **odzysk
wilgoci**

**Sprawdź również nasz system
kształtek i przewodów do wentylacji**



System FLX-REKU - idealne rozwiązanie do
wentylacji w Twoim domu

Ponad 20 lat doświadczenia w branży HVAC

NOWOŚĆ



Aplikacja do zdalnego sterowania
rekuperatorem

HRU-MinistAir-W-450

- potrzebujesz jedynie swojego
smartphona

ALNOR Systemy Wentylacji sp. z o.o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokwowska
Tel.: + 48 22 737 40 00
www.alnor.com.pl

Kurtyny powietrzne Rosenberg

- rozwiązania, których potrzebujesz

INVISAIR

kurtyna niewidoczna



↑ Kolumny i przegrody to doskonałe miejsce do ukrycia kurtyń powietrznych.

Konieczność zamieszczania kurtyń powietrznych w obiektach użyteczności publicznej jest często nie lada wyzwaniem pod względem estetycznym.

Brak harmonii pomiędzy wyglądem urządzenia a resztą wnętrza skutecznie niszczy niejedną koncepcję.

Próby ukrycia kurtyń powietrznych często kończą się niepowodzeniem z powodu konieczności zapewnienia właściwego przepływu strugi powietrza.

Nawet wybierając kurtyny przeznaczone do montażu w zabudowie, w suficie podwieszanym, musimy zmierzyć się z dużymi rozmiarami kratki zapewniającej właściwy przepływ powietrza.

Kurtyna **INVISAIR**, stworzona we współpracy z architektami, posiada wyjątkowo zwartą konstrukcję, która umożliwia skuteczne ukrycie urządzenia w kolumnach lub przegrodach, zapewniając jednocześnie prawidłowe działanie urządzeń.

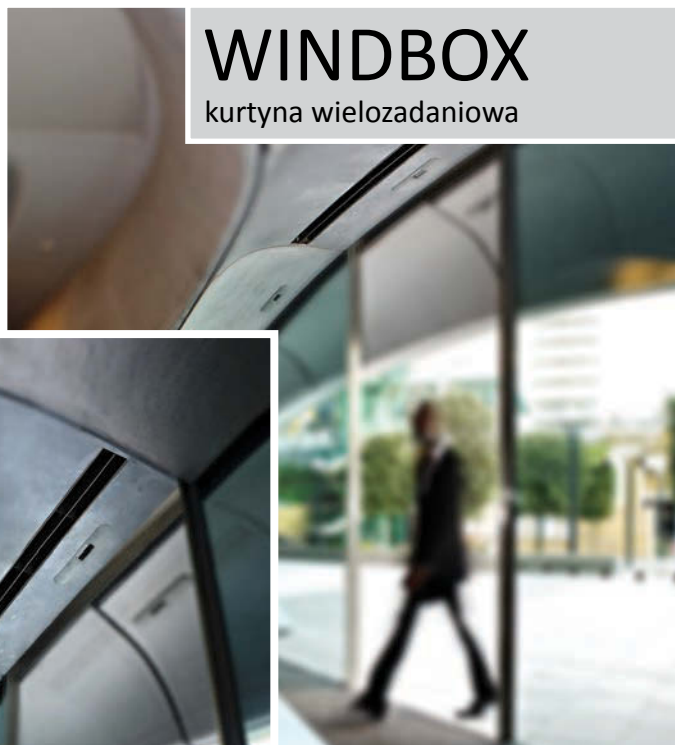
Kurtyna **WINDBOX** to kurtyna nietypowa. Jej wygląd na pierwszy rzut oka nie zdradza wszystkich możliwości. Konstrukcja typu „smart solution” sprawia, że dołączanie akcesoriów (teleskopowa czerpnia, teleskopowa wyrzutnia, skrzynka rozprężna) przypomina budowę z klocków. Dzięki temu liczba możliwych rozwiązań konstrukcyjnych kurtyny pozwala zadowolić nawet najbardziej wymagających Klientów i sprostać nietypowym oczekiwaniom.

↓ Skomplikowana architektura wymaga inteligentnych rozwiązań. Składana z części kurtyna WINDBOX doskonale dostosowuje się do stawianych wymagań.



WINDBOX

kurtyna wielozadaniowa



Dowiedz się więcej na www.rosenberg.pl



← Atrakcyjna forma kurtyn RUND, możliwość montażu w pionie i w poziomie oraz różne kolory i materiały obudowy to doskonały wybór do wnętrz o nowoczesnym wystroju.

Piękne, nowoczesne wnętrza uwielbia proste, surowe formy, delikatne refleksy.

Wykonanie obudowy kurtyn powietrznych **RUND** ze stali nierdzewnej w połączeniu z doskonałym kątem odbicia olśniło już niejednego Klienta...

RUND

kurtyna dekoracyjna



Gdy w grę wchodzi drzwi obrotowe, wybór dedykowanej kurtyny jest już prosty.

Kurtyny **ROTOWIND** są „szyte na miarę”. Mogą być zarówno ukryte, jak i wyeksponowane.



ROTOWIND

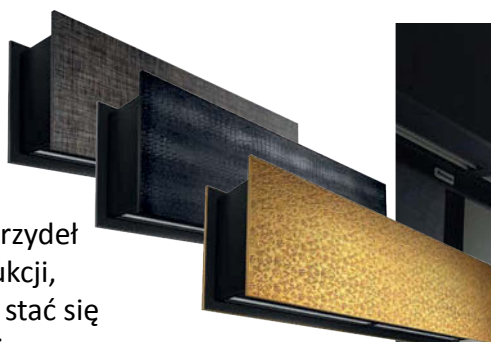
kurtyna „szyta na miarę”

ZEN

kurtyna inspirująca

Są też kurtyny powietrzne, jak **ZEN** które potrzebują tylko rozwinięcia skrzydeł wyobraźni: kurtyny o zwartej konstrukcji, które - zależnie od potrzeb - potrafią stać się niewidoczne lub przyciągać spojrzenia.

Mogą być montowane w pionie lub w poziomie, pokrywane różnorodnymi materiałami, dowolnie ozdabiane...



Kurtyny powietrzne Rosenberg to produkty wysokiej jakości, dla świadomych Klientów.



rosenberg [®] **ECOFIT** **ETRI**
THE AIR MOVEMENT GROUP



Dowiedz się więcej na www.rosenberg.pl



WENTYLACJA POŻAROWA W BUDYNKACH

zagadnienia szczegółowe



Paweł Sulik,
Instytut Techniki Budowlanej,
Szkoła Główna Służby Pożarniczej



Wojciech Węgrzyński,
Instytut Techniki Budowlanej

Część 2

W pierwszej części cyklu (1) omówiono podstawowe wymagania i opisano systematykę związaną z wentylacją pożarową stosowaną w budynkach. Natomiast w jego drugiej części, w poniższym artykule, skoncentrowano się na opisie zabezpieczenia dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem, ocenie kryteriów skuteczności funkcjonowania systemów wentylacji pożarowej i zastosowaniu narzędzi inżynierskich wykorzystywanych przy ocenie na etapie projektowania poszczególnych rozwiązań wentylacji pożarowej.

Jednym z istotniejszych wymagań stawianych budynkom jest takie ich zaprojektowanie i wykonanie, żeby w przypadku wystąpienia zagrożenia pożarem zapewniły możliwość ewakuacji ludzi znajdujących się w budynku, co jest szczególnie istotne w przypadku budynków wielokondygnacyjnych, np. wysokich [4]. W przypadku pożaru, oprócz temperatury, bardzo duże utrudnienie w ewakuacji stwarza dym, który nie zawsze ma temperaturę krytyczną dla życia, ale zawsze

zmniejsza widzialność, przyczyniając się do powstania paniki podczas ewakuacji lub co najmniej jej utrudnienia. Nieprzypadkowo w obrębie dróg ewakuacyjnych spotykamy zamknięcia otworów o odporności ogniowej [5, 6, 7] lub dymoszczelności [8], których identyfikacja wcale nie jest zadaniem banalnym [9]. Zapewnienie w kontekście rozprzestrzeniającego się dymu i temperatury bezpieczeństwa na drogach ewakuacyjnych (korytarze, klatki schodowe) można zrealizować na dwa sposoby, to znaczy poprzez:

- zabezpieczenie przed zadymieniem, rozumiane jako usuwanie dymu, który dostał się na drogę ewakuacyjną w czasie otwarcia drzwi ewakuacyjnych poprzez system wentylacji oddymiającej grawitacyjnej, mechanicznej lub mieszanej;
- zapobieganie zadymieniu, za które uważa się niedopuszczenie do przedostania się dymu na drogę ewakuacyjną poprzez wytworzenie różnicy ciśnienia – nadciśnienia w przestrzeni klatki schodowej lub korytarza względem przestrzeni, w której wybuchł pożar.

System zabezpieczenia przed zadymieniem jest rozwiązaniem pozwalającym na usuwanie dymu bezpośrednio z obszaru korytarza lub klatki schodowej, w której mogą przebywać osoby w trakcie ewakuacji. Zadaniem tego systemu jest przede wszystkim usunięcie dymu, który przedostanie się do klatki schodowej w czasie otwarcia drzwi podczas ewakuacji. Do zrealizowania tego, oprócz poprawnie działającego systemu, niezbędne jest wymuszenie utrzymania szczelności otworów pomiędzy pomieszczeniami zagrożonymi a klatkami i korytarzami. W tym celu należy wyposażać wszystkie drzwi w samozamykacze, tak żeby przypadkowo niedomknięte drzwi nie zaburzały lub wręcz uniemożliwiały poprawnego działania systemu – zarówno z ekonomicznego, jak i technicznego punktu widzenia niezwykle trudno byłoby bowiem zapewnić odprowadzenie dymu z klatki schodowej, nieprzerwanie napływającego z pomieszczenia, w którym mamy do czynienia z rozwiniętym pożarem. Takie usunięcie dymu ma szansę zaistnieć, jeżeli w tym samym czasie zrekompensuje się ubytek mieszaniny powietrza i dymu poprzez doprowadzenie niezbędnej ilości powietrza kompensacyjnego do obszaru oddymianego. Bez niego powstałoby w obszarze chronionym podciśnienie, co zwiększałoby napływ dymu, a to jest zaprzeczeniem idei oddymiania. W zależności od wielkości obiektu możliwe jest zabezpieczenie przed zadymieniem z wykorzystaniem systemu grawitacyjnego, mechanicznego oraz mieszanego, przy czym systemy – w których nawiew realizowany jest w sposób mechaniczny, a wyciąg w sposób grawitacyjny – wymagają, jak wynika z doświadczeń autorów w tym zakresie, szczególnie dokładnych analiz numerycznych potwierdzających skuteczność takiego roz-

wiązania. Powierzchnowe potraktowanie zagadnienia bardzo często prowadzi do błędów, które wychodzą albo w trakcie prób końcowych, albo podczas wystąpienia sytuacji akcydentalnej, jaką jest pożar.

Systemy zapobiegania zadymieniu

Inna filozofia przyświeca systemom zapobiegania zadymieniu, które nie likwidują przyczyny – usuwają dym ze strefy chronionej, a zarazem nie dopuszczają do jego wpływu dzięki wytworzeniu nadciśnienia poprzez nawiew odpowiedniej ilości powietrza do chronionej przestrzeni z jednoczesnym zapewnieniem upustu jego nadmiaru w obszarze objętym pożarem. System ma dwa podstawowe stany działania. Przy domkniętych drzwiach, wyposażonych w samozamykacze, działa na wolnych obrotach, ograniczających nadmuch powietrza, starając się utrzymać w strefie chronionej ciśnienie wyższe o maksymalnie 50 Pa w stosunku do stref sąsiednich, w tym także zagrożonych. Z drugim stanem mamy do czynienia z chwilą otworzenia jakichkolwiek drzwi, kiedy ciśnienie pomiędzy obszarem chronionym i sąsiednim bardzo szybko się wyrównuje. Żeby utrzymać nadciśnienie w strefie chronionej, system musi wejść na wyższe obroty, zapewniając większy napływ powietrza do strefy chronionej a jednocześnie utrzymać przepływ powietrza przez otwarte drzwi o zadanej, nieprzekraczalnej prędkości. Ma to za zadanie umożliwić dostanie się ewa-

kuujących się osób do strefy chronionej lub ich wydostanie na zewnątrz. Zbyt duża prędkość przepływu powietrza przez otwór drzwiowy może stanowić bardzo duże utrudnienie lub wręcz uniemożliwić ewakuację. Regulacja systemów działających w taki sposób jest trudna i w tym przypadku stosuje się różnorakie zabezpieczenia techniczne: klapy transferowe, klapy upustowe, falowniki regulujące wydajności wentylatorów itp. pozwalające precyzyjniej kontrolować parametry przepływu powietrza. Dodatkowo stosuje się zaawansowane wyposażenie elektroniczne, np. specjalistyczne zestawy mierników ciśnienia, które rozmieszcza się w odpowiednio zaprojektowanych lokalizacjach. System posiada w swojej pamięci wiele scenariuszy sterowania i automatyki, tak aby regulacja systemu w chwili otwarcia lub zamknięcia wybranych drzwi nie trwała dłużej niż 3 sekundy. Precyzyjne sterowanie ciśnieniem związane jest z koniecznością zachowania jego funkcjonalności. O prędkości przepływu powietrza przez otwarte drzwi już wspomniano powyżej. Drugim elementem jest możliwość ich otworzenia. Zbyt duże ciśnienie może uniemożliwić otwarcie drzwi, w szczególności przez osoby słabsze fizycznie, dlatego też przyjęto, że maksymalna siła działająca na klamkę przy otwarciu drzwi w trakcie działania systemu nie powinna przekraczać 100 N. Szczegółowe informacje z tego zakresu zawarte są w dokumentach PN-EN 12101-6 [10] oraz ITB nr 378/2002 [11].

Skuteczność systemów wentylacji pożarowej

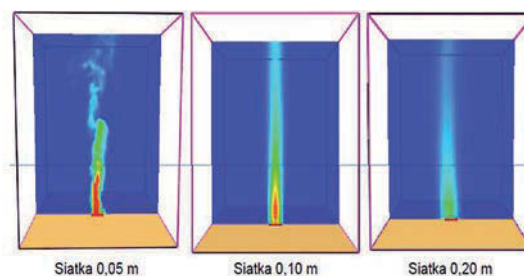
Kryteria stawiane właściwie działającym systemom wentylacji pożarowej w czasie trwania ewakuacji są niezmiennie i wprost powiązane z zapewnieniem bezpieczeństwa ewakuacji oraz dają możliwość prowadzenia akcji ratowniczej. Dopuszczalne jest zadymienie w bezpośredniej bliskości źródła ognia, ale zakłada się, że system powinien zapewniać drogę wolną od dymu dla wszystkich osób znajdujących się w zagrożonej strefie w chwili wybuchu pożaru. Nieco odmiennie wymagania stawiane są poszczególnym systemom w chwili rozpoczęcia akcji ratowniczo-gaśniczej. Systemy wentylacji oddymiającej oraz kontroli dymu i ciepła zapewniają możliwość lokalizacji oraz zbliżenia się do źródła ognia we względnie bezpiecznych warunkach środowiska. System oczyszczania z dymu zapewnia jedynie ograniczenie niebezpieczeństwa dla ekip ratowniczo-gaśniczych, które wynika przede wszystkim z zagrożenia wysoką temperaturą i toksycznością gazów pożarowych. Oznacza to, że w przypadku tego rozwiązania ratownicy mają bardziej złożone warunki pracy, wymagające większej liczby strażaków i sprzętu. Z powodu tego ograniczenia w ocenie autorów artykułu systemy oczyszczania z dymu nie nadają się do rozległych stref pożarowych o dużych powierzchniach, których przeszukanie w celu odnalezienia źródła ognia trwałoby zbyt długo i groziłoby nadmiernym rozwojem pożaru.

Tablica 1. Kryteria oceny systemów wentylacji pożarowej (12, 13)

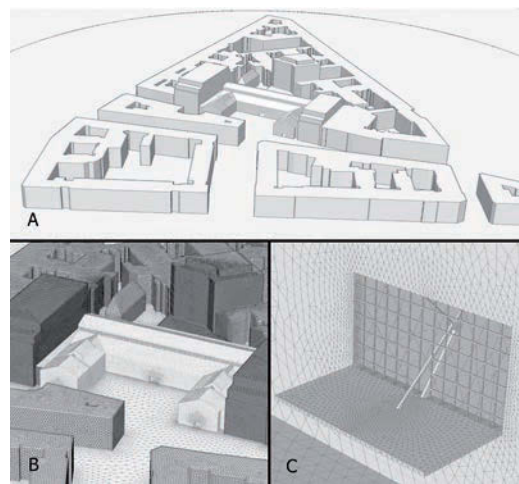
Kryterium	Oczyszczanie z dymu	Kontrola dymu i ciepła	Wentylacja oddymiająca
W czasie ewakuacji			
Zadymienie	Dym utrzymujący się pod stropem kondygnacji, na wysokości do 1,80 m – 0,105 g/m ³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m)		
Temperatura	Pod stropem – 200°C, na wysokości do 1,80 m – 60°C		
Promieniowanie	Mniej niż 2,5 kW/m ² w kierunku podłogi		
W czasie prowadzenia działań ratowniczo gaśniczych			
Zadymienie	Strefa może być zadymiona	Na wysokości 1,50 m do 0,105 g/m ³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m) w odległości do 15 m od źródła pożaru	Na wysokości 1,50 m do 0,105 g/m ³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m) w odległości do 15 m od źródła pożaru
Temperatura	Na wysokości 1,50 m mniej niż 120°C w odległości ponad 15 m od źródła pożaru		
Promieniowanie	Do 15 kW/m ² w odległości 15 m od źródła pożaru, 2,5 kW/m ² w pozostałym obszarze	Do 15 kW/m ² w odległości 15 m od źródła pożaru od strony dojścia do pożaru, 2,5 kW/m ² w pozostałym obszarze	Do 15 kW/m ² w odległości 15 m od źródła pożaru, 2,5 kW/m ² w pozostałym obszarze
Dostęp do źródła ognia	Cały obszar strefy zadymiony – strefa pożarowa powinna być na tyle mała aby szybkie odnalezienie i lokalizacja pożaru były możliwe	Możliwy dostęp do źródła pożaru w odległości do 15 m od jego lokalizacji, drogą wolną od dymu	Dym w dwóch warstwach – źródło pożaru jest widoczne a dostęp do niego ułatwiony

Narzędzia stosowane w projektowaniu wentylacji

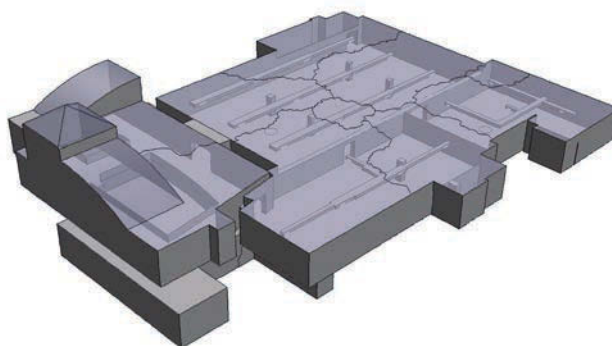
W inżynierii bezpieczeństwa pożarowego wykorzystuje się szereg metod numerycznych, jak np. metoda elementów skończonych MES, stosowana w analizach wpływu podwyższonej temperatury na konstrukcję obiektu [14], czy modele jedno- i dwustrefowe, pozwalające przewidzieć przepływ dymu w obiekcie dla prostego układu powiązanych ze sobą pomieszczeń. W przypadku analiz związanych z wentylacją pożarową szczególnie znaczenie mają jednak analizy numeryczne wykorzystujące metodę obliczeniowej mechaniki płynów (ang. Computational Fluid Dynamics, CFD) [15]. Analizy CFD, kojarzone głównie z aerodynamiką czy optymalizacją przepływu płynów, np. analizą obciążenia budynków wiatrem, stanowią obecnie najdoskonalsze narzędzie, znakomicie sprawdzające się w szacowaniu rozprzestrzeniania się dymu i ciepła powstających w pożarze. Przepływ dymu wymuszony jest oddziałującymi siłami wyporu lub działaniem urządzeń wentylacji pożarowej. Każde z tych oddziaływań może być dokładnie odwzorowane w analizie numerycznej wykorzystującej metodę CFD. Z technicznego punktu widzenia analiza ta polega na rozwiązaniu układu równań różniczkowych opisujących przepływ masy i energii w badanym układzie, podzielonym na skończoną liczbę niewielkich objętości, właściwie odwzorowujących rzeczywistość w dokładnie opisanych następujących po sobie krokach czasowych. Rozwiązanie równań stanowią wartości ciśnienia, temperatury, prędkości przepływu, stężenia dymu, itp. Wielkości te znane są dla każdej objętości w badanym układzie oraz w każdym momencie. Dzięki temu CFD jest tak dobrym narzędziem w rękach inżyniera, pozwalając analizować dowolne miejsce w badanym budynku, w dowolnej chwili, i w stosunkowo krótkim czasie, pozwalającym ocenić warunki środowiska tam panującego. Analizy CFD są bardzo wrażliwe na odpowiedni dobór warunków brzegowych czy początkowych (rys. 1). W związku z tym w rękach niedoświadczzonego inżyniera, dysponującego niewystarczająco wydajną jednostką obliczeniową, mogą być narzędziem stwarzającym realne zagrożenie, nie tak łatwe do wykrycia na podstawie końcowych wykresów np. temperatury czy zadymienia przez osobę bez



Rys. 1. Wyniki symulacji CFD, spalania alkoholu etylowego na tacy o powierzchni 0,25 m², w zależności m.in. od wymiarów modularnych siatki modelu dyskretnego. Archiwum ITB



Rys. 2. Model otoczenia budynku wewnątrz którego jednocześnie analizowane było rozprzestrzenianie się dymu i ciepła (rys. A), widok siatki w otoczeniu budynku (rys. B) oraz widok modelu okna oddymiającego (rys. C). Archiwum ITB



Rys. 3. Przykładowy model numeryczny lokalu. Archiwum ITB

odpowiedniego doświadczenia. Szczególnie moc obliczeniowa oraz gęstość siatki są tutaj kluczowe. Optymalne jest takie dobranie siatki, by w racjonalnym czasie uzyskać wiarygodne wyniki. Należy pamiętać, że nie dysponując klastrem obliczeniowym, starając się wykonać rachunek na prostym komputerze, z góry skazujemy się na ograniczenia związane z wielkością analizowanej objętości i gęstością przyjętej siatki obliczeniowej, ponieważ im gęstsza siatka i więcej elementów (rys. 2), tym więcej równań jest do rozwiązania, co w konsekwencji może oznaczać wielogodzinne lub wielodniowe oblicze-

nia, nie zawsze możliwe do wykonania na niedostatecznie wydajnym komputerze.

Nie bez znaczenia jest także dobór oprogramowania, a raczej dobór modeli fizycznych, które mogą być wykorzystane w danym oprogramowaniu. Nie każdy dostępny na rynku program będzie nadawał się do obliczeń każdego zagadnienia związane z wentylacją pożarową, aczkolwiek narzędzia te są coraz bardziej udoskonalane.

Skuteczny system wentylacji to nie tylko dobry projekt, lecz także jego poprawne wykonanie, co obejmuje pełną spójność systemu z innymi in-



SMAV



CZY WIESZ, ŻE KAŻDEGO
ROKU PONAD **500 OSÓB**
GINIE W POŻARACH?



KONFERENCJA
NAUKOWO-TECHNICZNA
BEZPIECZNA EWAKUACJA

SOSNOWIEC
2 CZERWCA 2016

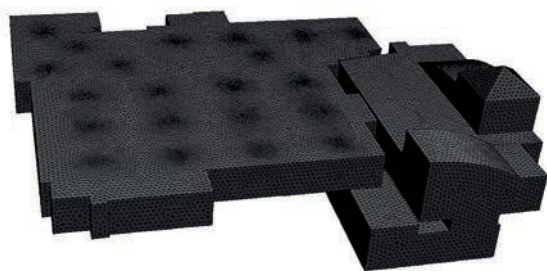


Wejdź na stronę wydarzenia
www.bezpiecznaewakuacja.pl
i już dziś zapisz się na konferencję

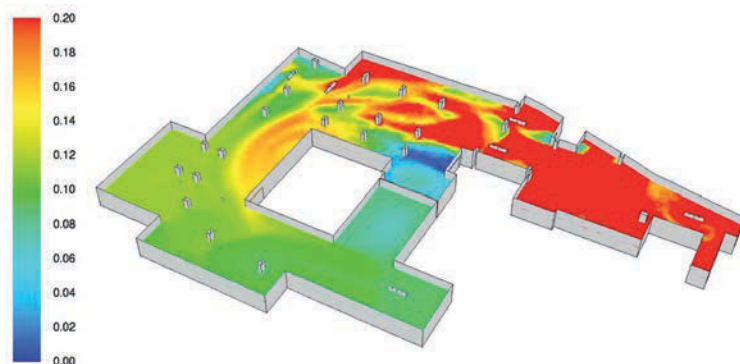
SPOTKAJ SIĘ Z NAJWAŻNIEJSZYMI
EKSPERTAMI Z DZIEDZINY OCHRONY
I WENTYLACJI POŻAROWEJ

DOWIEDZ SIĘ WIĘCEJ
O NOWOCZESNYCH METODACH
ODDYMIAANIA KLATEK SCHODOWYCH

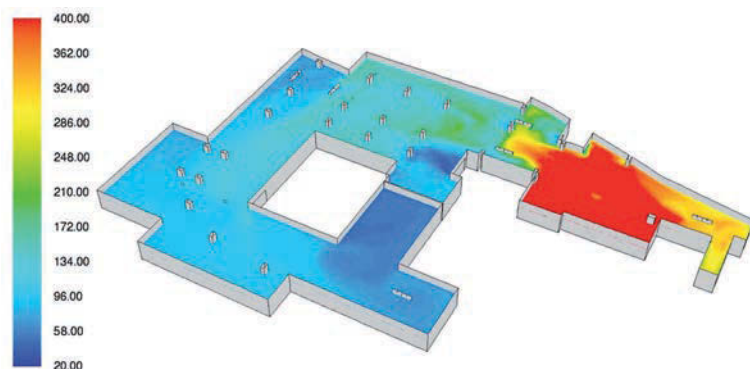
ZOBACZ NA ŻYWO, JAK ROZWIJA SIĘ
POŻAR I **PRZEKONAJ SIĘ**, JAKIE
EFEKTY DAJĄ RÓŻNE SYSTEMY
ODDYMIAANIA I ODPROWADZANIA
CIEPŁA



Rys. 4. Siatka obliczeniowa nałożona na model numeryczny lokalu. Archiwum ITB



Rys. 5. Przewidywana masowa koncentracja dymu ($0-0,20 \text{ g/m}^3$ i więcej) na wysokości 1,80 m powyżej poziomu posadzki w 10 minucie prowadzonych obliczeń. Archiwum ITB



Rys. 6. Przewidywana temperatura ($20-400^\circ\text{C}$ i więcej) na wysokości 1,80 m powyżej poziomu posadzki w 20 minucie prowadzonych obliczeń. Archiwum ITB

stalacjami bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie. Takie współdziałanie może zostać zweryfikowane wyłącznie na gotowym obiekcie, np. przy wykorzystaniu prób z gorącym dymem, które zostaną omówione w trzeciej części cyklu.

Wybrany model numeryczny, siatkę nałożoną na model oraz przykładowe wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 3, 4, 5 i 6

Podsumowanie

W publikacji, stanowiącej drugą część cyklu poświęconego wentylacji pożarowej, przedstawiono zagadnie-

nia związane z zabezpieczeniem dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem, oceniono kryteria skuteczności funkcjonowania systemów wentylacji pożarowej, tj., systemy wentylacji odryniającej oraz kontroli dymu i ciepła oraz system oczyszczania z dymu, jak również przedstawiono najpopularniejsze narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego stosowane w projektowaniu wentylacji pożarowej. Kolejną część cyklu będzie poświęcona odbiorom i weryfikacji poprawności zaprojektowanego i wykonanego systemu wentylacji pożarowej w obiekcie. ■

Literatura

- [1] Sulik P., Węgrzyński W., Wentylacja pożarowa w budynkach. Cz.1. Wymagania i systematyka, „Builder”, nr 3/2015, s. 96-99.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690), z późniejszymi zmianami.
- [3] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 109, poz. 719), z późniejszymi zmianami.
- [4] Sulik P., Kimbar G., Papis B., Wybrane aspekty bezpieczeństwa pożarowego budynków wysokich, „Materiały Budowlane”, nr 11/2015, 59-61.
- [5] Kinowski J., Sędlak B., Sulik P., Izydorczyk D., Fire resistance of timber windows – Part 1: Test procedure and classification, *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 2015, No. 92, 183-187.
- [6] Izydorczyk D., Sulik P., Kinowski J., Sędlak B., Fire resistance of timber doors – Part II: Technical solutions and test results, *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 2015 No. 92, 113-116.
- [7] Sulik P., Sędlak B., Odporność ogniowa drzwi z dużymi przeszkleniami, „Świat Szkła”, nr 3/2015, 38-42.
- [8] Sędlak B., Przeszkłone drzwi dymoszczelne – badania oraz klasyfikacja w zakresie dymoszczelności, „Świat Szkła”, nr 4/2013, 35-38.
- [9] Izydorczyk D., Sędlak B., Sulik P., Problematyka prawidłowego odbioru wybranych oddzielen przeciwpożarowych, „Materiały Budowlane”, nr 11/2015, 62-64.
- [10] PN-EN 12101-6:2007 Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – Część 6: Wymagania techniczne dotyczące systemów różnicowania ciśnień – Zestawy urządzeń.
- [11] Głabski P., Kosiorek M., Projektowanie instalacji wentylacji pożarowej dróg ewakuacyjnych w budynkach wysokich i wysokościowych, Instrukcja ITB 378/2002, Instytut Techniki Budowlanej, 2002.
- [12] Węgrzyński W., Krajewski G., Głabski P., Projektowanie systemów wentylacji pożarowej w obiektach budowlanych. Kurs organizowany przez Zakład Badań Ognio- wych. Warszawa: Instytut Techniki Budowlanej, 2014.
- [13] Sztarbała G., An estimation of conditions inside construction works during a fire with the use of Computational Fluid Dynamics, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, Vol. 61, nr 1/2013.
- [14] Sulik P., Turkowski P., Łukomski M., Porównanie metod oceny odporności ogniowej konstrukcji stalowych, „Materiały Budowlane”, nr 11/2015, 62-64.
- [15] Węgrzyński W., Krajewski G., Sulik P., Narzędzia numeryczne w kreowaniu bezpieczeństwa pożarowego obiektów, „Materiały Budowlane”, nr 11/2015, 56-58.
- [16] Węgrzyński W., Sztarbała G., Krajewski G., Praktyczne aspekty zastosowania wentylacji strumieniowej w garażach zamkniętych, *Budownictwo Górnicze i Tunnelowe*, nr 3/2012, 6-10.

Kilka słów o sterowaniu wentylacją mechaniczną

We współczesnych budynkach wentylacja grawitacyjna często jest niewystarczająca do dostarczenia odpowiedniej ilości świeżego powietrza. Ze względu na wymogi termoizolacji budynki są coraz lepiej uszczelnione, co powoduje, że powietrze z zewnątrz nie może się dostać do pomieszczeń wewnętrznych. Z tego względu znaczenia nabiera wentylacja mechaniczna, wymuszająca dostawę świeżego powietrza.

Wentylacja mechaniczna nie jest jednak bez wad. Minusem może być zużycie energii elektrycznej koniecznej do pracy wentylatorów oraz straty ciepła w przypadku nadmiernej wentylacji. Dla zminimalizowania kosztów można stosować systemy sterowania pozwalające ustawiać pracę wentylatorów tak, aby dostarczały tyle powietrza, ile jest aktualnie potrzebne ludziom. Takie podejście określane jest nazwą „sterowanie wentylacją zgodnie z zapotrzebowaniem” (ang. *demand control ventilation*).

Unikaj CO₂

Spośród różnych wskaźników określających zapotrzebowanie na świeże powietrze w pomieszczeniach najlepszym okazał się poziom stężenia dwutlenku węgla. Jest to powszechnie występujący gaz, wydzielany m.in. w wyniku metabolizmu organizmów żywych. Zewnętrzne stężenie CO₂ w atmosferze z reguły mieści się w przedziale od 300 do 400 ppm. W pomieszczeniach przy słabej wentylacji w obecności ludzi stężenie tego gazu

bardzo szybko dochodzi do 3000 ppm i więcej. Już powyżej 1000 ppm człowiek zaczyna odczuwać dyskomfort przejawiający się poczuciem duszności, sennością, zmęczeniem, a nawet bólem głowy. W takich warunkach wydajność pracy umysłowej znacznie się obniża, podobnie jak zdolność koncentracji i uczenia się. Zbyt wysokie stężenie dwutlenku węgla wpływa też negatywnie na efektywność odpoczynku w pomieszczeniach mieszkalnych. 1000 ppm to maksimum dla pracy biurowej wg OSHA, USA oraz w wielu innych krajach Europy i świata.

Kontrola wentylacji

W Polsce do niedawna stosowanie sterowania systemami wentylacyjnymi zgodnie z zapotrzebowaniem było ograniczone do obiektów o dużej kubaturze, jak kompleksy kinowe, sale gimnastyczne i hipermarkety. Przyczyną był wysoki koszt instalacji systemu sterowania. Obecnie pojawiły się jednak nowe, zdecydowanie tańsze układy sterujące pozwalające na tyle znacząco obniżyć koszt systemów kontroli wentylacji, że opłaca się je stosować nawet w domach

jednorodzinnych. GAZEX proponuje detektor Air-TECH eko (w cenie zaledwie 599 zł brutto) z precyzyjnym, selektywnym sensorem typu NDIR.

Zauważalne ostatnio zmiany klimatyczne spowodowały wyraźny wzrost zainteresowania klimatyzacją w budynkach biurowych i mieszkalnych. Czynnikiem chłodniczym w takich systemach jest najczęściej freon. Nie stwarza on zagrożenia wybuchowego ani nie jest trujący, jednak w przypadku wycieku z instalacji do pomieszczeń, w których przebywają ludzie, może stanowić realne zagrożenie. Jest cięższy od powietrza i, wypierając tlen, może powodować niedotlenienie,

a w skrajnych przypadkach – uduszenie. Szczególnie niebezpieczny może być nocą w pokojach hotelowych wyposażonych w klimatyzację. Dopuszczalne stężenie freonów w pomieszczeniach określa norma PN-EN 378-1.

Tego typu zagrożenia mogą zostać wyeliminowane przez systemy detekcji freonu zbudowane w oparciu o adresowalne detektory DD-61 oraz moduły MDD 256, mogące obsługiwać do 210 detektorów. Ich stany są wizualizowane na wyświetlaczu modułu oraz dodatkowo przez moduł wizualizacji MDD-L32 lub na ekranie komputera. Estetyczna obudowa detektora oraz cyfrowa transmisja sygnałów upraszczająca okablowanie szczególnie predysponuje to rozwiązanie do stosowania w hotelach i biurach.

Odrębnym zagadnieniem jest sterowanie wentylacją w garażach w oparciu o pomiar CO. Pierwszy detektor serii WG stosowany w tym celu powstał 25 lat temu. Z tej okazji w tym roku detektory tej serii będą w wyjątkowej promocji „WG 25y”. Są one najłatwiejsze w montażu, najprostsze w obsłudze i najtańsze w eksploatacji z dostępnych na krajowym rynku. Warto zainteresować się ofertą „WG 25y” i zasadami sterowania wentylacją w garażach.

AirTECH
eko+/D3



gazex®

GAZEX

ul. Baletowa 16, 02-867 Warszawa
tel.: 22 644 25 11, fax: 22 641 23 11
e-mail: gazex@gazex.pl
www.gazex.pl

GAZEX od ponad 27 lat konstruuje, produkuje oraz propaguje stosowanie elektronicznych urządzeń do wykrywania i pomiaru stężeń gazów toksycznych i wybuchowych. W ofercie ma detektory do stref zagrożonych wybuchem, urządzenia sygnalizacyjno-oceniające, detektory CO i LPG do garaży, zaawansowane detektory dla przemysłu oraz proste detektory domowe. Jest jedynym polskim producentem detektorów gazów posiadającym własne laboratorium wzorujące akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji.