

**PORADNIK**

**WENTYLACJA  
POŻAROWA**

**2019**

## Spis treści

Nowelizacja warunków technicznych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego .....	4
Wentylacja pożarowa garaży – dobór systemu i projektowanie wg ITB 493/2015 .....	11
Dwufunkcyjny system wentylacji pożarowej garaży .....	21
Cele i rozwiązania systemów wentylacji pożarowej .....	26
Garaże i parkingi podziemne .....	38
Warunki skuteczności funkcjonowania systemów wentylacji pożarowej .....	42
Selektywnie czy tanio? Podstawowe zasady punktowej detekcji i pomiaru gazów toksycznych i wybuchowych .....	52
Strategie ochrony przeciwpożarowej budynków .....	58
Urządzenia do kontroli rozprzestrzeniania się dymu i ciepła .....	70
Oddymianie klatek schodowych wspomagane sterowanym nawiewem. Dlaczego warto stosować takie rozwiązanie .....	74
Garażowe detektory gazów .....	80
Analiza poprawności odwzorowania wpływu strugi swobodnej izotermicznej z wentylatora strumieniowego .....	84
Detekcja gazów w garażach i parkingach podziemnych – sterowanie wentylacją mechaniczną .....	92
Katalog firm .....	97

## Redakcja

**RI** rynekinstalacyjny.pl

### Adres redakcji

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

### Redakcja

Magdalena Szewczyk  
mszewczyk@rynekinstalacyjny.pl

### Reklama

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

## Partnerzy publikacji



**ZKAN**

**Systemy stalowych przewodów oddymiających typu 2KP**  
o odporności ogniowej  $E_{600} 120(h_0) S1500$  single

- standardowe przewody oraz kształtki prostokątne o maksymalnym wymiarze 1250x1000 w przekroju poprzecznym
- wielkogabarytowe przewody oraz kształtki prostokątne o maksymalnym 2500x1500 mm w przekroju poprzecznym
- kompensatory wydłużeń termicznych
- tłumiki akustyczne o przekroju prostokątnym
- kratki oddymiające wraz z przepustnicą regulacyjną
- zaślepki rewizyjne

2kan@2kan.pl  
Konotopa k. Warszawy  
ul. Rajdowa 10

tel.kom. 513 185 185  
514 185 185  
515 185185  
www.wentylujemy.pl

600°C 2h

reklama

## Nowelizacja warunków technicznych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego

**Zmiany warunków technicznych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego stanowią realizację części postulatów zgłaszanych przez różne środowiska. Niektóre z wprowadzonych zmian służą zwiększeniu poziomu bezpieczeństwa w budynku, część jednak spełnia głównie oczekiwania inwestorów i stanowi istotne złagodzenie wymagań obowiązujących dotychczas. Wiele kwestii nie zostało jeszcze wyjaśnionych lub doprecyzowanych, a planowane modyfikacje m.in. ustawy o ochronie ppoż. będą okazją do wprowadzenia kolejnych zmian.**

W grudniu 2017 roku opublikowane zostało rozporządzenie wprowadzające od dawna zapowiadane zmiany w warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1]. W artykule omówiono wybrane zmienione zapisy dotyczące VI rozdziału „Bezpieczeństwo pożarowe” i ich konsekwencje dla projektowania rozwiązań służących ochronie przeciwpożarowej.

Pierwsza istotna korekta w rozdziale VI dotyczy opisanych w § 207 wymagań podstawowych, jakie spełnić muszą nowo projektowane budynki i znajdujące się w nich urządzenia w czasie pożaru. Tekst omawianego paragrafu został dostosowany do treści art. 6a ustawy o ochronie przeciwpożarowej oraz załącznika I do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011. Na wstępie § 207 podkreślono, że *Budynek i urządzenia z nim związane powinny być projektowane i wykonane w sposób ograniczający możliwość powstania pożaru (...)* [1]. Jest to wyraźne wskazanie dla projektanta i wykonawcy, którzy powinni położyć szczególny nacisk na zastosowanie w budynku bezpiecznych materiałów i rozwiązań technicznych. W dalszej części § 207 wymienione są warunki podstawowe, jakie muszą zostać spełnione w razie wystąpienia pożaru. W stosunku do poprzedniego brzmienia tego paragrafu w pkt 4 pojawiła się alternatywa dla ewakuacji ludzi. Jeżeli z różnych względów, np. obecności osób niepełnosprawnych lub ograniczonego dostępu do zabezpieczonych dróg, ewakuacja może być technicznie trudna do zrealizowania, należy zapewnić inną metodę ratowania zagrożonych osób. Może to być np. umożliwienie im przetrwania pożaru w wydzielonej, zabezpieczonej przestrzeni budynku.

W § 208 w ust. 2 pkt 2 wymienione zostały wymagania Polskich Norm (przywołanych w zał. 1) oraz warunków określonych w załączniku 3 koniecznych dla stosowania przepisów omawianego rozporządzenia. Zmienione zostały i rozszerzone podpunkty *b*, *c* i *e*, które w nowym brzmieniu dotyczą zasad ustalania: *b) klas odporności ogniowej i dymoszczelności elementów budynku oraz*

*elementów stosowanych w instalacjach, w tym zamknięć otworów; c) klas odporności dachów na ogień zewnętrzny oraz e) stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany zewnętrzne od strony zewnętrznej* [1].

Z załącznika 1 usunięte zostały niektóre normy, zaktualizowany też został wykaz norm, których nowe wersje weszły w życie po poprzedniej nowelizacji warunków technicznych, np.: PN-HD 60364-5-56:2010 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-56: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa* czy PN-EN 62305-1:2011 *Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne* lub PN-EN 1363-1:2012 *Badania odporności ogniowej. Część 1: Wymagania ogólne* itd.

W miejsce Polskich Norm Budowlanych odnoszących się do projektowania konstrukcji (pozycja 49 w załączniku 1) podana została seria Polskich Norm wprowadzających europejskie normy projektowania konstrukcji – Eurokody. Pojawiło się zastrzeżenie, że zatwierdzone i opublikowane w języku polskim Eurokody są *stosowane do projektowania konstrukcji, jeżeli obejmują one wszystkie niezbędne aspekty związane z zaprojektowaniem tej konstrukcji (stanowią kompletny zestaw norm umożliwiający projektowanie). Projektowanie każdego rodzaju konstrukcji wymaga stosowania PN-EN 1990 i PN-EN 1991* [1]. Do tej pozycji wprowadzono przepisy przejściowe mówiące o tym, że dotychczasowe normy można stosować do obiektów, których proces budowlany rozpoczął się przed 1 stycznia 2021. W załączniku 1 wyraźnie stwierdzono, że w przypadku pojawiających się norm niedatowanych należy stosować najnowszą normę opublikowaną w języku polskim.

W § 208a ust. 5 zmieniono klasę dymoszczelności drzwi. Zamiast obowiązującej dotychczas klasy  $S_m$  dotyczącej przepływu dymu zarówno w temperaturze otoczenia, jak i 200°C, pojawiły się określone na podstawie badań odporności ogniowej zgodnych z PN klasy dymoszczelności drzwi  $S_a$  i  $S_{200}$ . Klasa  $S_a$  oznacza szczelność 3 m<sup>3</sup>/h/mb przy temperaturze otoczenia i ciśnieniu do 25 Pa, a klasa  $S_{200}$  20 m<sup>3</sup>/h dla drzwi jednoskrzydłowych i 30 m<sup>3</sup>/h dla dwuskrzydłowych przy temperaturze otoczenia 200°C i ciśnieniu do 50 Pa. Ustawodawca nie wskazał jednak, kiedy stosowanie klasy  $S_a$  można uznać za bezpieczne pod względem ochrony ppoż.

Z nowej wersji § 213 wynika, że zwolnienie z wymagań dotyczących klasy odporności pożarowej budynków obejmuje zarówno klasę odporności ogniowej elementów budynku, jak i rozprzestrzeniania ognia przez te elementy. Jednocześnie jednak doprecyzowany został zakres stosowania tego złagodzenia, które np. w przypadku budynków mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej oraz mieszkalnych i administracyjnych w gospodarstwach leśnych dotyczy tylko obiektów mających w zależności od przeznaczenia i kubatury maks. dwie lub trzy kondygnacje.

Bardzo istotna zmiana w warunkach technicznych, szczególnie w kontekście częstych, a niekiedy tragicznych w skutkach pożarów rozprzestrzeniających się po elewacji, dotyczy § 223 ust. 3. Za równorzędne z pasami międzykondygnacyjnymi uznaje się obecnie elementy poziome, które *powinny spełniać wymagania szczelności ogniowej i izolacyjności ogniowej, również w obrębie połączenia*

ze ścianami zewnętrznymi, przez okres odpowiadający czasowi klasyfikacyjnemu wymaganemu w stosunku do ścian zewnętrznych budynku i być nierozprzestrzeniające ognia. Zapis ten jest szczególnie istotny w kontekście powszechnie wykonywanych termomodernizacji budynków z wykorzystaniem np. styropianu. Przy praktycznym zastosowaniu omawianego wymagania możliwość rozprzestrzeniania się ognia w warstwie izolacji zostanie poważnie ograniczona.

Ważna zmiana dotyczy możliwości powiększenia strefy pożarowej w budynkach klasyfikowanych jako ZL, poza budynkami wysokimi i wysokościowymi. W § 227 ust. 4 pkt 1 zamiast dotychczasowych, pozwalających na powiększenie strefy o 100%, stałych urządzeń tryskaczowych wprowadzone zostały stałe samoczynne urządzenia gaśnicze wodne. Sankcjonuje to możliwość stosowania alternatywnych rozwiązań w postaci np. mgły wodnej.

Istotne zmiany dla projektowania instalacji zabezpieczenia przeciwpożarowego, w tym wentylacji pożarowej, nastąpiły w brzmieniu § 245. Dotychczas wymagania zabezpieczenia przed zadymieniem lub oddymiania klatek schodowych odnosiły się do kategorii zagrożenia ludzi budynku (ZL). Obecnie jednoznacznie zaznaczono, że wymagania dotyczą klatek schodowych przeznaczonych do ewakuacji ze strefy pożarowej. Oznacza to, że występujące w budynku wielokondygnacyjnym pomieszczenia stanowiące oddzielną strefę pożarową i posiadające niezależne od reszty budynku wyjście bezpośrednio na zewnątrz nie determinują wymagań dla innych klatek schodowych w tym budynku. Przykładem może być niski lub średniowysoki budynek mieszkalny (ZL IV), w którym na parterze zlokalizowane jest np. przedszkole lub przychodnia (ZL II) z wyjściem bezpośrednio na zewnątrz. W takim przypadku wymagania dla klasy ZL II nie są obligatoryjne dla całego budynku i na pozostałych klatkach schodowych nie ma już obowiązku stosowania np. systemów wentylacji pożarowej. Jest to rozsądne złagodzenie wymagań.

W tym samym paragrafie występują również zaostżenia wymagań. Po pierwsze, klatki schodowe wymienione w § 245 będą musiały być zamykane drzwiami dymoszczelnymi. Wpłynie to na zwiększenie poziomu szczelności pionowych dróg ewakuacji, co poprawi warunki przetrwania pożaru w budynku. Wyższy poziom szczelności klatki schodowej należy również uwzględnić przy doborze wielkości urządzeń wykonawczych zarówno systemu oddymiania, jak i zapobiegania zadymieniu. Może to nieco zmniejszyć wielkość urządzeń wykonawczych każdego z tych systemów lub stworzyć korzystne warunki dla szerszego zastosowania systemów oddymiania grawitacyjnego.

Następny zapis § 245, zwiększający wymagania dla systemów wentylacji pożarowej, dotyczy samoczynnego uruchamiania za pomocą systemu wykrywania dymu urządzeń zapobiegających zadymieniu lub służących do usuwania dymu na pionowych drogach ewakuacji. Oznacza to, że nie będzie już można stosować wyłącznie ręcznych przycisków oddymiania (RPO) nawet przy najprostszych systemach grawitacyjnych. Warto przypomnieć, że w WT cały czas jest mowa o urządzeniach do usuwania dymu, co czasami interpretowane jest jako konieczność wykonania wyłącznie

automatycznie otwieranych klap dymowych. Tymczasem dla efektywnego działania instalacji konieczne jest równoczesne otwarcie zarówno klapy dymowej, jak i otworu napływu powietrza lub uruchomienie nawiewu mechanicznego.

Drobne, ale istotne zmiany nastąpiły również w § 246 dotyczącym zabezpieczenia klatek schodowych w budynkach wysokich i wysokościowych. Doprecyzowano, że jeżeli budynek musi mieć min. dwie klatki schodowe, to dla każdej z nich musi zostać zapewniona możliwość ewakuacji. Oznacza to, że każda klatka schodowa musi być wyposażona w system zapobiegania zadymieniu. Zmodyfikowane zostały również kryteria, przy spełnieniu których budynek może mieć tylko jedną przeznaczoną do ewakuacji klatkę schodową. Może to być budynek wysoki (bez strefy pożarowej ZL II), jeżeli wewnętrzna powierzchnia kondygnacji nie przekracza w nim 750 m<sup>2</sup> lub budynek strefy pożarowej ZL IV, jeżeli łączna powierzchnia wewnętrzna mieszkań na kondygnacji lub jej części nie przekracza 750 m<sup>2</sup>. Dzięki tej modyfikacji budynki, które na poziomie parteru lub kilku najniższych kondygnacji mają powierzchnię rzutu większą niż 750 m<sup>2</sup>, mogą mieć tylko jedną klatkę schodową w części wysokiej.

W § 249 wykreślony został ust. 2, który zwalniał z obowiązku posiadania klasy odporności pożarowej ściany i stropy stanowiące obudowę klatki schodowej łączącej kondygnacje w obrębie jednej strefy pożarowej. Wynika z tego, że obecnie klatki takie muszą mieć stosowną obudowę, co zarówno sprzyja możliwości ewakuacji w początkowej fazie pożaru, jak i poprawia warunki przetrwania na kondygnacjach zlokalizowanych powyżej pożaru. W ust. 6 omawianego paragrafu doprecyzowane zostały ponadto wymagania odnośnie do odległości między ścianą zewnętrzną stanowiącą obudowę klatki schodowej przeznaczonej do ewakuacji, o której mowa w § 245, 246 i 256 ust. 2, a inną ścianą zewnętrzną tego samego lub innego budynku. Z pewnymi wyjątkami odległość ta powinna być ustalona zgodnie z wymaganiami opisanymi w § 271. Kolejna istotna zmiana dotyczy § 253, w którym opisane zostały wymagania dotyczące dźwigów dla straży pożarnej. W nowym brzmieniu dźwig dla ekip ratowniczych powinien zapewniać dostęp do każdej strefy pożarowej na kondygnacji bezpośrednio lub drogami komunikacji ogólnej. Oznacza to, że w przypadku budynków, których kondygnacje dzielone są na kilka stref pożarowych połączonych korytarzami, nie będzie już wymogu stosowania wind dla ekip ratowniczych niezależnie dla każdej z tych stref.

Szczególnie korzystna zmiana w nowej wersji WT dotyczy posiadaczy działek leśnych lub graniczących z lasem. Zawarta została w § 271 ust. 8 oraz dodanym ust. 8a. Granica lasu została tu zdefiniowana jako granica (kontur) rozumiana jako *grunt leśny (Ls) określony na mapie ewidencyjnej lub teren przeznaczony w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego jako leśny*. Czyli jako las nie będą już traktowane grunty zadrzewione oznaczone na tych planach jako Lz. Co jeszcze istotniejsze, zmniejszono do 4 m wymaganą odległość od granicy (konturu) lasu zlokalizowanej na sąsiedniej działce dla budynków (wymienionych w § 213) wykonanych z elementów nierozprzestrzeniających

ognia, niezawierających pomieszczeń zagrożonych wybuchem oraz posiadających klasę odporności pożarowej wyższą niż wymagana zgodnie z § 212. Jeżeli granica ta znajduje się na działce, na której sytuuje się budynek, odległości pod pewnymi warunkami nie określa się. Warunki te są spełnione, jeżeli teren, na którym znajduje się granica (kontur) lasu, przeznaczony jest w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego pod zabudowę niezwiązaną z produkcją leśną, a w przypadku braku planu miejscowego – grunty leśne są objęte zgodą na zmianę przeznaczenia na cele nieleśne. W wielu przypadkach te modyfikacje przepisów pozwolą na budowę domu lub innego budynku bez konieczności ubiegania się odstępstwo.

W kwestii zabezpieczenia garaży zamkniętych wprowadzone zostały zmiany stanowiące zarówno złagodzenie, jak i zwiększenie wymagań w aspekcie bezpieczeństwa pożarowego. Przykładem jest § 277, w którym zmienione zostało brzmienie ust. 3 i 4. Ustęp 3 wprowadza obowiązek stosowania stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych w garażach zamkniętych obejmujących więcej niż dwie kondygnacje podziemne lub znajdujących się poniżej drugiej kondygnacji podziemnej. Wymóg ten dotyczy więc garaży, w przypadku których utrudniona jest ewakuacja oraz opanowanie pożaru przez straż pożarną. Jednocześnie z wymagania tego zwolnione są strefy pożarowe garaży, które mają bezpośredni wjazd lub wyjazd z budynku. Ustęp 4 zawiera istotne złagodzenie dotyczące stosowania w garażu zamkniętym wentylacji oddymiającej. Uruchamiana za pomocą systemu wykrywania dymu instalacja tego typu wymagana jest, gdy garaż nie ma bezpośredniego wjazdu lub wyjazdu z budynku albo gdy powierzchnia strefy pożarowej przekracza 1500 m<sup>2</sup>. Tym samym, tak jak przed 2009 r., wymóg stosowania systemu oddymiania odnosi się do powierzchni strefy pożarowej, a nie powierzchni całkowitej garażu. Ponownie wprowadzony został więc oczekiwany przez inwestorów zapis, który może poważnie ograniczyć zakres stosowania systemów oddymiania.

W § 278 zmodyfikowano i doprecyzowano wymagania dotyczące warunków ewakuacji z garażu. Co najmniej dwa wyjścia ewakuacyjne wymagane są obecnie ze strefy garażu, która ma więcej niż 25 stanowisk postojowych i nie jest wyposażona w instalację wentylacji oddymiającej lub ma powierzchnię przekraczającą 1500 m<sup>2</sup>. W przypadku strefy pożarowej garażu obejmującej więcej niż dwie kondygnacje wyjścia ewakuacyjne należy zapewnić na poziomie każdej kondygnacji (ust. 1 ww. paragrafu).

Długość przejścia od stanowiska postojowego do najbliższego wyjścia ewakuacyjnego nie uległa zmianie i tak jak dotychczas wynosi w garażu zamkniętym 40 m, a w garażu otwartym 60 m. Istotna zmiana dotyczy jednak możliwości zwiększenia długości tego przejścia. Może być ona powiększona zgodnie z zasadami określonymi w § 237 ust. 6 i 7, ale złagodzenia tego nie stosuje się w przypadku zastosowania w garażu instalacji wentylacji oddymiającej strumieniowej. Tym samym po raz pierwszy w WT pojawił się zapis odnoszący się bezpośrednio do wentylacji strumieniowej, kończąc tym samym trwającą od lat dyskusję, czy zastosowanie tego typu systemu oddymiania pozwala, czy też

nie na wydłużenie dojścia ewakuacyjnego. Kolejne ważne doprecyzowanie zawarto w ust. 4 § 278. Wynika z niego, że wyjścia ewakuacyjne z każdej strefy garażu mają być dostępne nie tylko jak dotychczas w przypadku zamknięcia bram pomiędzy strefami, ale również zamknięcia wjazdu lub wyjazdu z garażu. Jest to wymóg, który zwiększa bezpieczeństwo ewakuacji z garażu zamkniętego.

Opublikowane zmiany WT stanowią realizację części postulatów zgłaszanych przez różne środowiska związane z bezpieczeństwem pożarowym. Wiele kwestii nie zostało jednak wyjaśnionych lub doprecyzowanych. Wymienić można chociażby zabezpieczenie przed zadymieniem poziomych dróg ewakuacji (§ 247). Należy jednak mieć na uwadze, że obecna nowelizacja nie jest ostatnią, a w kontekście planowanych zmian w ustawie o ochronie przeciwpożarowej oraz ustawie Prawo budowlane kolejne modyfikacje nie muszą być odległe w czasie.

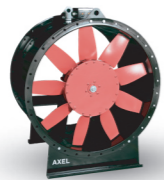
**dr inż. Grzegorz Kubicki**

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska  
Politechnika Warszawska

**Literatura:** <http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4419,nowelizacja-warunkow-technicznych-w-zakresie-bezpieczenstwa-pozarowego>

# GETAWAY

KOMPLETNY SYSTEM WENTYLACJI  
ODDYMIAJĄCEJ GARAŻY



- **PIRAX** WENTYLATORY STRUMIENIOWE F300 I F400
- **MOVO/MOVO.H** DACHOWE WENTYLATORY ODDYMIAJĄCE F400 I F600
- **AXEL/AXEL.L** OSIOWE WENTYLATORY ODDYMIAJĄCE F300 I F400
- **AUTOMATYKA** KOMPLETNA CERTYFIKOWANA SZAFKA STERUJĄCA
- **DETEKTORY** GAZU CO I LPG

## Wentylacja pożarowa garaży – dobór systemu i projektowanie wg ITB 493/2015

Wytyczne ITB 493/2015 to szerokie opracowanie dotyczące projektowania systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych przeznaczonych dla samochodów osobowych. Opisano w nich prawidłowy proces projektowania systemów i wskazano rozwiązania potencjalnych problemów. Oprócz zagadnień projektowych w wytycznych zawarto rekomendacje związane z oceną działania systemów oraz ich wymiarowaniem, prowadzeniem analiz CFD czy badaniami in-situ.

### Systemy wentylacji pożarowej garaży

Systemy wentylacji pożarowej (samoczynne urządzenia oddymiające) wykorzystywane w garażach można podzielić z uwagi na ich cel działania na trzy typy:

- przewodowa wentylacja oddymiająca – wentylacja zapewniająca usuwanie dymu z warstwy zgromadzonej pod stropem i utrzymanie wolnej od dymu przestrzeni, w której możliwa jest ewakuacja i prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych,
- systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – system, którego zadaniem jest utrzymanie dymu w wyznaczonym obszarze pomiędzy źródłem ognia a miejscem jego usuwania w taki sposób, aby zapewnić łatwy dostęp do źródła ognia dla ekip ratowniczych, jednocześnie istotnie obniżając jego temperaturę i stężenie dymu czy toksycznych produktów spalania,
- systemy oczyszczania z dymu (ang. Smoke Clearance, dilute) – system, którego zadaniem jest usuwanie dymu zmieszanego z napływającym powietrzem kompensacyjnym, przez co zmniejsza się jego temperatura i obniżone zostaje stężenie dymu i toksycznych produktów spalania.

Z uwagi na rodzaj stosowanych urządzeń w wytycznych ITB 493/2015 [1] systemy wykorzystywane w garażach zamkniętych dzieli się na systemy wentylacji przewodowej (kanałowej), będące zazwyczaj systemami wentylacji oddymiającej, oraz strumieniowej, pracujące z reguły jako systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Obydwa rodzaje urządzeń mogą zostać wykorzystane jako systemy oczyszczania z dymu, przy czym w praktyce większość systemów tego typu to systemy wentylacji strumieniowej. Graficzne przedstawienie systemów wentylacji pożarowej ujętych w wytycznych ITB 493/2015, pokazano na **rys. 1**.

Wentylacja oddymiająca zapewnia utrzymanie dymu i innych produktów spalania na pożądanej wysokości ponad drogami ewakuacji poprzez ich usuwanie bezpośrednio z obszaru tzw. zbiornika

dymu. W przypadku garaży zamkniętych typowym systemem wentylacji oddymiającej jest wentylacja przewodowa. W systemie wentylacji oddymiającej dym usuwany jest bezpośrednio spod stropu oddymianej przestrzeni poprzez rozproszony pod nim przewody i kratki wyciągowe. Dzięki takiemu działaniu w całym czasie jego pracy widoczny jest podział przestrzeni w garażu na dwie warstwy – utrzymującą się pod stropem warstwę gorącego dymu oraz wolną od zagrożenia warstwę czystego powietrza.

Odmienne działanie mają systemy wentylacji strumieniowej. Autorzy podzielili je na działające jako systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła lub jako systemy oczyszczania z dymu. W systemie wentylacji strumieniowej, jak w każdym systemie wzdluznym, powietrze transportowane jest całym przekrojem poprzecznym garażu do wybranych punktów wyciągowych. Różnica pomiędzy systemami kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła a systemami oczyszczania z dymu polega

Typ systemu	wentylacja oddymiająca	kontrola rozprzestrzeniania dymu i ciepła	oczyszczanie z dymu
Rodzaj urządzeń	mechaniczna (przewodowa)	wentylacja strumieniowa	mechaniczna (przewodowa)
	grawitacyjna	systemy „cross ventilation”	wentylacja strumieniowa
			systemy „cross ventilation”

**Rys. 1.** Podział systemów wentylacji pożarowej z uwagi na typ oraz rodzaj wykorzystanych urządzeń, kolorem wyróżniono systemy ujęte w ITB 493/2015 [1]

na skuteczności, z jaką ograniczane jest rozprzestrzenienie się dymu w garażu. Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła zapewniają utrzymanie dymu w ściśle określonej, ograniczonej przestrzeni pomiędzy źródłem pożaru a punktem wyciągowym, przez co ułatwiają prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych. Systemy oczyszczania z dymu, zwane także systemami rozcieńczania dymu, nie są w stanie zapewnić wolnego od dymu dostępu do źródła ognia, a ich działanie ogranicza się do obniżenia stężenia dymu i temperatury w takim stopniu, aby możliwe było podjęcie działań ratowniczo-gaśniczych.

Wbrew zapewnieniom niektórych dostawców urządzeń zamiana systemu przewodowego na strumieniowy (lub odwrotnie) nie jest łatwym przedsięwzięciem. Przede wszystkim obydwie rodzaje systemów cechuje różne zapotrzebowanie na wydajność wentylatora wyciągowego. Wydajność wentylacji strumieniowej jest zazwyczaj zdecydowanie wyższa niż wydajność systemu wentylacji

oddymiającej dla tej samej przestrzeni. Drugim aspektem jest doprowadzenie powietrza kompensacyjnego – o ile w przypadku wentylacji oddymiającej korzystne jest wielopunktowe doprowadzenie powietrza za pomocą małych szachtów, dla wentylacji strumieniowej często potrzebne są szachty pozwalające wtłoczyć dużą ilość powietrza w jednym miejscu, ukierunkowując w ten sposób przepływ w całej kubaturze garażu. Zmiana systemu powinna być zawsze poprzedzona analizami CFD oraz rzetelnym rachunkiem kosztów i zysków.

## Dobór systemu wentylacji

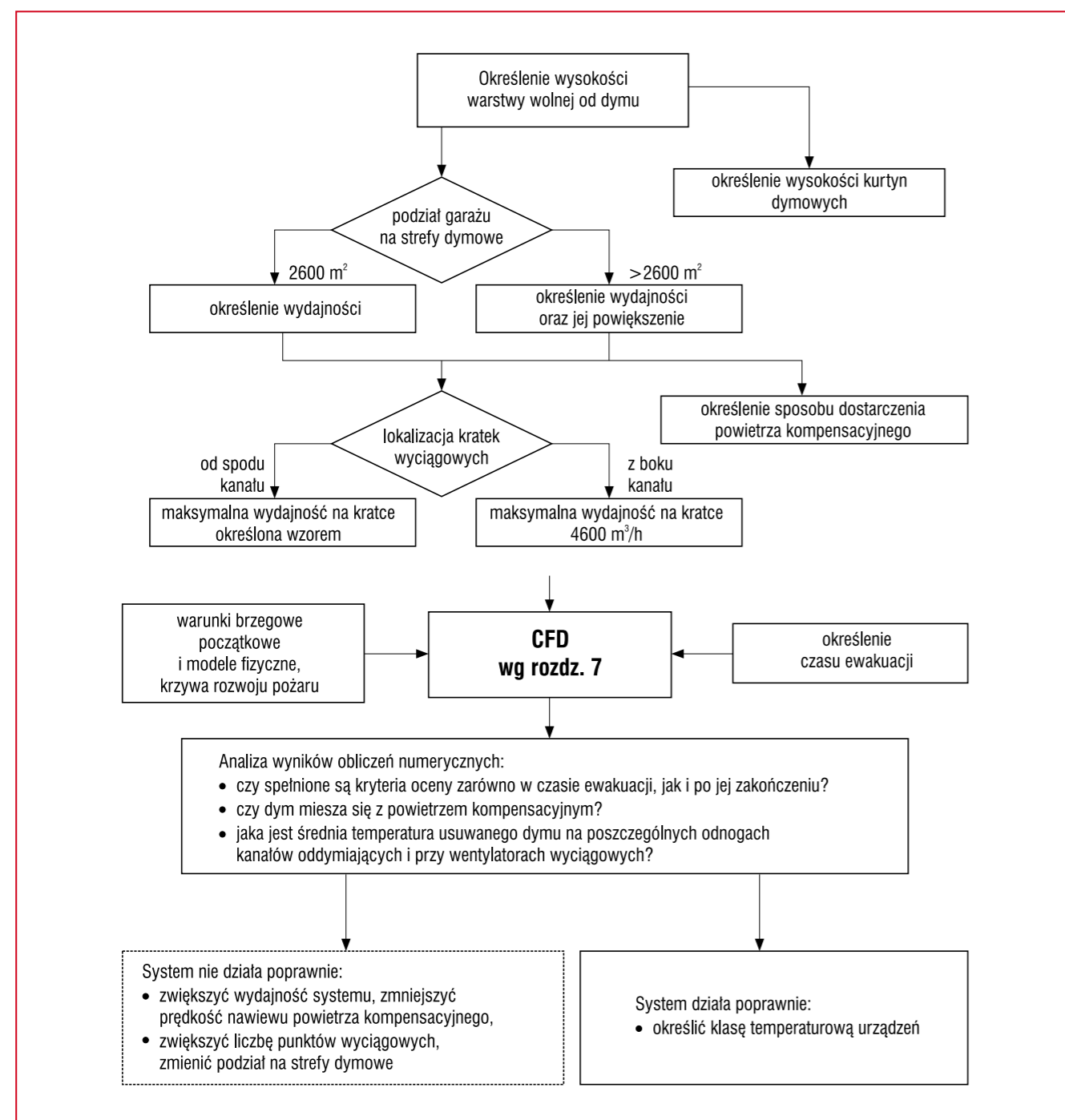
Dobór systemu wentylacji pożarowej dla analizowanego obiektu ma kluczowe znaczenie w kontekście celu stosowania systemu. System wentylacji oddymiającej może być stosowany we wszystkich rodzajach garaży bez względu na wielkość strefy pożarowej. Podobnie system wentylacji strumieniowej działający jako system kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła może być stosowany we wszystkich rodzajach garaży bez względu na wielkość strefy pożarowej, przy czym projektując tego typu system, należy mieć na uwadze możliwe problemy z jego zastosowaniem w obiekcie o skomplikowanej architekturze.

Systemy wentylacji strumieniowej działające jako systemy oczyszczania z dymu mogą być stosowane w garażach, w których prawdopodobieństwo jednoczesnego przebywania dużej liczby użytkowników jest niewielkie (zazwyczaj budynki ZL IV i V). Maksymalna powierzchnia garażu, w którym wytyczne ITB 493/2015 dopuszczają zastosowanie systemu oczyszczania z dymu, to 5000 m<sup>2</sup>, co odpowiada maksymalnej dopuszczonej rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych [2] powierzchni strefy pożarowej garażu, bez powiększeń. Maksymalna powierzchnia jednej strefy dymowej w przypadku systemów tego typu nie powinna przekraczać 2600 m<sup>2</sup>. W garażach o większej powierzchni oraz w obiektach, w których prawdopodobna jest obecność dużej liczby użytkowników jednocześnie (np. ZL I, III), zamiast systemu oczyszczania z dymu należy stosować wentylację strumieniową działającą jako system kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła lub wentylację oddymiającą.

Ponieważ system oczyszczania z dymu jest najmniej efektywnym rozwiązaniem wentylacji pożarowej garażu, nie powinien również stanowić rozwiązania zamiennego przedstawianego w ekspertyzje pożarowej w myśl § 2 ust. 1 warunków technicznych [2] czy wniosku o odstępstwo w myśl § 9 ustawy Prawo budowlane [3]. Oznacza to, że w obiektach, w których projektantom zależy na zapewnieniu wyższego niż minimalny poziom bezpieczeństwa, należy stosować systemy przewodowej wentylacji oddymiającej lub systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła.

W doborze systemu wentylacji pożarowej ważna jest także wysokość garażu. Doświadczenia zgromadzone w ITB w tym zakresie sugerują, że minimalna wysokość garażu zalecana przy projektowaniu

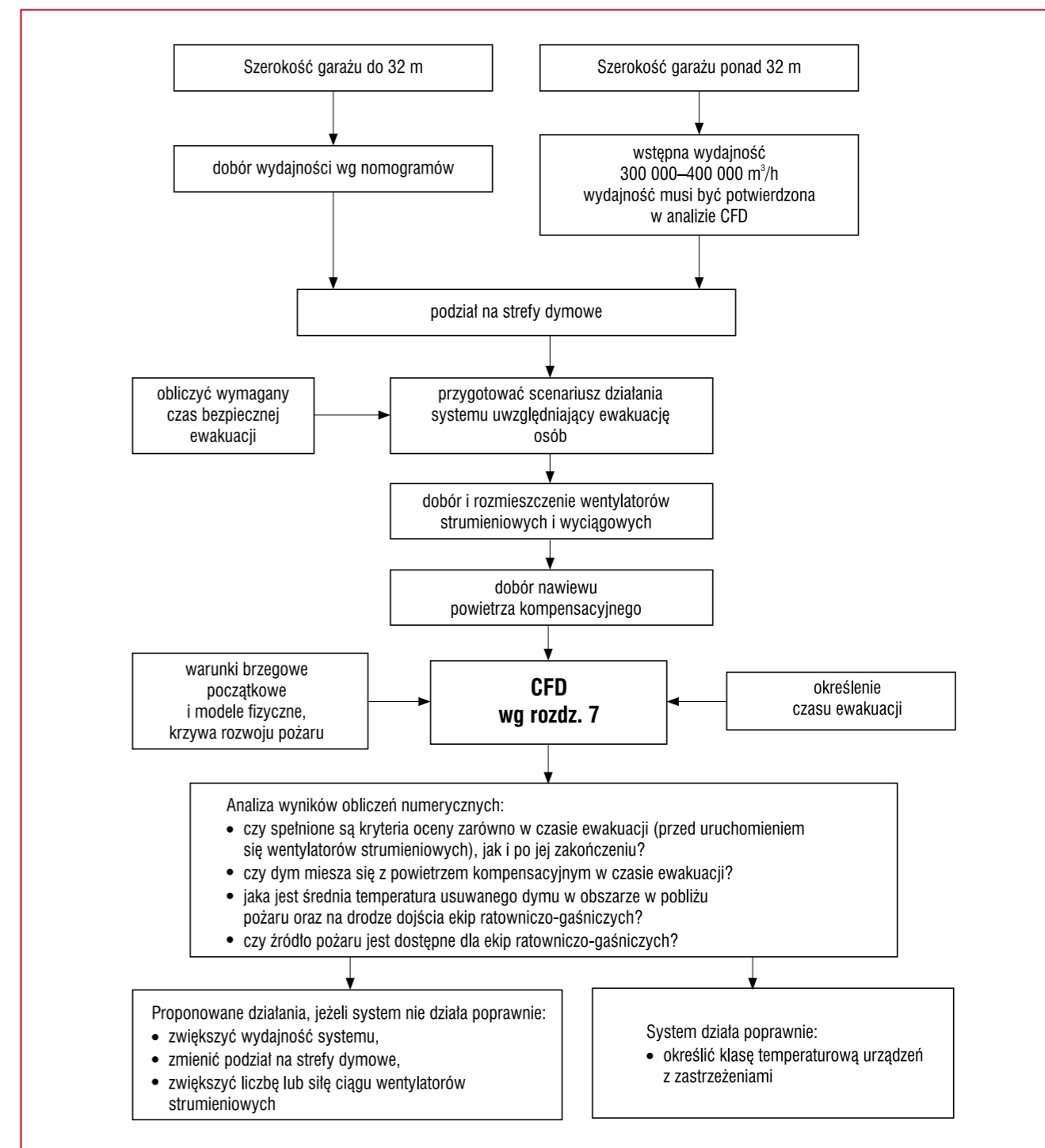
skutecznych systemów wentylacji pożarowej wynosi około 2,90 m, przy czym w przypadku systemów przewodowej wentylacji oddymiającej w garażu o takiej wysokości wykonanie systemu może być niemożliwe z uwagi na wymiary przewodów niezbędne do zapewnienia wymaganej wydajności systemu. W wielu krajach zachodnich (np. Belgii) wykonanie systemu wentylacji oddymiającej w garażu o wysokości mniejszej niż 3,50 m jest niedopuszczalne. Przy doborze systemu należy brać pod uwagę lokalne obniżenia wysokości stropu. Zaleca się, aby ich sumaryczna powierzchnia w stosunku do powierzchni rzutu poziomego garażu nie przekraczała 20%. Przeszkody tego typu



Rys. 2. Proces projektowania systemu wentylacji oddymiającej

powinny być odzwierciedlane w modelu numerycznym garażu powstałym na potrzeby analiz z wykorzystaniem metody CFD.

Zastosowanie systemu wentylacji pożarowej w garażu niższym niż 2,90 m jest także możliwe, o ile na drodze analiz CFD przeprowadzonych według zaleceń zawartych w wytycznych udowodnione zostanie, że zmniejszona wysokość garażu nie wpłynie na obniżenie poziomu bezpieczeństwa w budynku oraz nie zostaną przekroczone kryteria oceny.



Rys. 3. Proces projektowania systemu wentylacji strumieniowej działającej jako system kontroli dymu



Systemy wentylacji pożarowej mogą być stosowane w garażach wyposażonych w samoczynne stałe urządzenia gaśnicze wodne (np. instalację tryskaczową). Obecność stałego urządzenia gaśniczego wpływa w sposób istotny na moc pożaru, który może powstać w garażu, co bezpośrednio przekłada się na wymaganą wydajność systemów. W garażach, w których obecna jest zarówno instalacja wentylacji pożarowej, jak i stałe urządzenie gaśnicze, jego elementy, takie jak tryskacze, czujki temperatury itp., nie powinny być instalowane w miejscu, w którym w czasie potrzebnym na ich uruchomienie będą narażone na przepływ powietrza wywołany działaniem wentylacji pożarowej o prędkości większej niż 1 m/s. W wielu projektach instalacji stałych urządzeń gaśniczych wodnych przyjmuje się założenie, że działanie systemu wentylacji pożarowej nie spowoduje opóźnienia zadziałania instalacji tryskaczowej. W związku z przedstawionymi powyżej problemami obydwie projekty powinny być ze sobą skoordynowane. W uzasadnionych przypadkach w odniesieniu do systemów wentylacji strumieniowej uruchomienie wentylatorów strumieniowych lub innych elementów systemu wentylacji pożarowej w garażu może zostać opóźnione do momentu otrzymania sygnału z zaworu kontrolno-alarmowego instalacji tryskaczowej.

## Proces projektowania

Aby ułatwić proces projektowania systemów wentylacji pożarowej garaży, autorzy przygotowali trzy schematy blokowe prezentujące właściwą kolejność prac dla każdego z opisywanych systemów. Co ważne, każdemu projektowi towarzyszy analiza CFD prowadzona według zaleceń rozdziału 7 wytycznych [1]. Analiza ta nie jest jedynie zwieńczeniem procesu projektowego, lecz jej nadzwyczaj ważnym krokiem. Często sytuacją jest powrót do rozważań koncepcyjnych po wstępnych analizach CFD, co pozwala na zaprojektowanie doskonalszego systemu, wkomponowanego w specyfikę architektoniczną budynku. Wbrew powszechnej opinii, błędne wyniki oceny nie stanowią dużego problemu dla projektanta – istnieje wiele działań, które mogą zdecydowanie zwiększyć skuteczność projektowanego systemu po jego wstępnej diagnozie z wykorzystaniem narzędzi numerycznych.

## Wentylacja oddymiająca

W szacowaniu wydajności systemu wentylacji oddymiającej niezbędne jest określenie wysokości warstwy wolnej od dymu, która będzie podstawowym parametrem w późniejszych obliczeniach. Następnie, po podziale obiektu na strefy dymowe, następuje określenie wymaganej wydajności systemu. Projektant może określić jej wartość z wykorzystaniem metod analitycznych lub zawartych w wytycznych nomogramów doboru. Po określeniu wydajności wyciągu dymu należy określić sposób doprowadzenia powietrza kompensacyjnego do garażu oraz rozmieścić punkty nawiewne

i wyciągowe. Należy mieć na uwadze możliwe niekorzystne zjawiska fizyczne związane ze zbyt dużą prędkością przepływu powietrza – w przypadku punktów nawiewnych zjawisko mieszania się wprowadzanego powietrza z dymem, a w przypadku punktów wyciągowych przeciąganiem czystego powietrza przez warstwę dymu (ang. plugholing). Znając rozmieszczenie punktów wyciągowych oraz sposób kompensacji, można przejść do weryfikacji działania systemu z wykorzystaniem metody CFD.

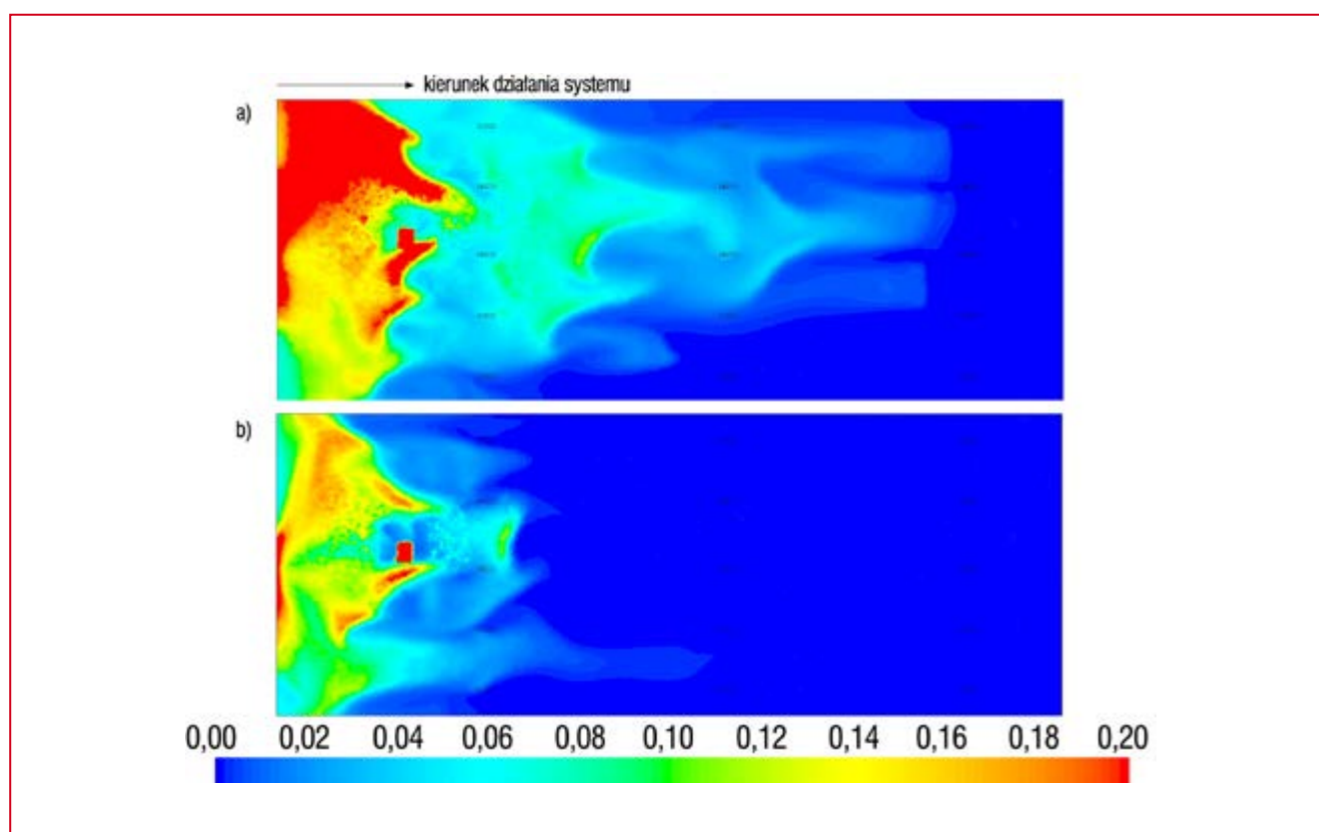
Jeżeli analiza CFD nie da pozytywnego wyniku, należy przede wszystkim poddać dogłębnej analizie obszar przy punktach nawiewnych – zbyt duża prędkość nawiewu, obok zbyt małej wydajności systemu, to najczęstszy powód nieskutecznego działania systemu wentylacji przewodowej. Czasem do zwiększenia skuteczności wystarczy także zwiększenie liczby punktów wyciągu dymu. Oczywiście ostatecznym narzędziem w rękach projektanta jest zwiększenie wydajności systemu lub zmiana podziału na strefy dymowe. Jeżeli system okazał się skuteczny, pozostaje jedynie dobrać właściwe klasy temperaturowe oraz parametry pracy urządzeń.

## Wentylacja strumieniowa – kontrola dymu i ciepła

Aby uprościć wstępne wymiarowanie systemów, autorzy w wytycznych przedstawili nomogramy doboru wydajności systemu dla garaży o szerokości do 32 m. W przypadku garaży szerszych nie jest możliwe (oraz ekonomicznie uzasadnione) uzyskanie jednorodnej prędkości przepływu w całej jego szerokości, przez co niezbędne jest wykorzystanie innych narzędzi do określenia wydatku – dla ITB 493/2015 tym narzędziem są analizy CFD. W przypadku wentylacji strumieniowej ewakuacja osób musi zostać uwzględniona już we wczesnym stadium projektu. Dobór wentylatorów, kierunki ich działania czy sposób doprowadzenia powietrza kompensacyjnego muszą być przeprowadzone tak, aby chronić jak największą liczbę dróg ewakuacji i wyjść z garażu.

Jeśli system nie działa skutecznie, pierwszym krokiem do jego poprawy jest weryfikacja sumarycznej siły ciągu wentylatorów strumieniowych. Jeżeli wentylatory strumieniowe poruszają zbyt dużo powietrza, którego nie odbierze szacht, możliwa jest obserwacja „rozdmuchiwania” dymu po garażu poprzez ruch powietrza „pod prąd” w kierunku działania wentylatorów – **rys. 4**. Zjawisko to najczęściej obserwowane jest przy ścianach, gdzie wzmacnia je efekt Coandy. Rozwiązaniem tego problemu nie jest zatem dodanie wentylatorów strumieniowych, lecz wręcz zmniejszenie ich liczby (a raczej lepsze określenie, które wentylatory są nam niezbędne w danym scenariuszu). Bez względu na działanie wentylatorów sama wydajność systemu musi wystarczać do odebrania całego dymu powstałego w pożarze – bez właściwego wydatku żadna liczba wentylatorów strumieniowych nie zmieni złego systemu w dobry. Ważne jest także właściwe doprowadzenie powietrza – projektant powinien zwrócić szczególną uwagę, czy brama wjazdowa do garażu jest otwarta. Innymi słowy

– jeżeli projektant nie zapewni jej otwarcia, zrobią to za niego służby ratownicze, często nieświadomie zmieniając sposób działania systemu.



**Rys. 4.** Cofanie się dymu „pod prąd” działania wentylatorów strumieniowych przy zbyt małej wydajności systemu i zbyt dużej liczbie uruchomionych wentylatorów (a) oraz kontrola nad rozprzestrzenianiem się dymu i ciepła przy właściwej wydajności (b)

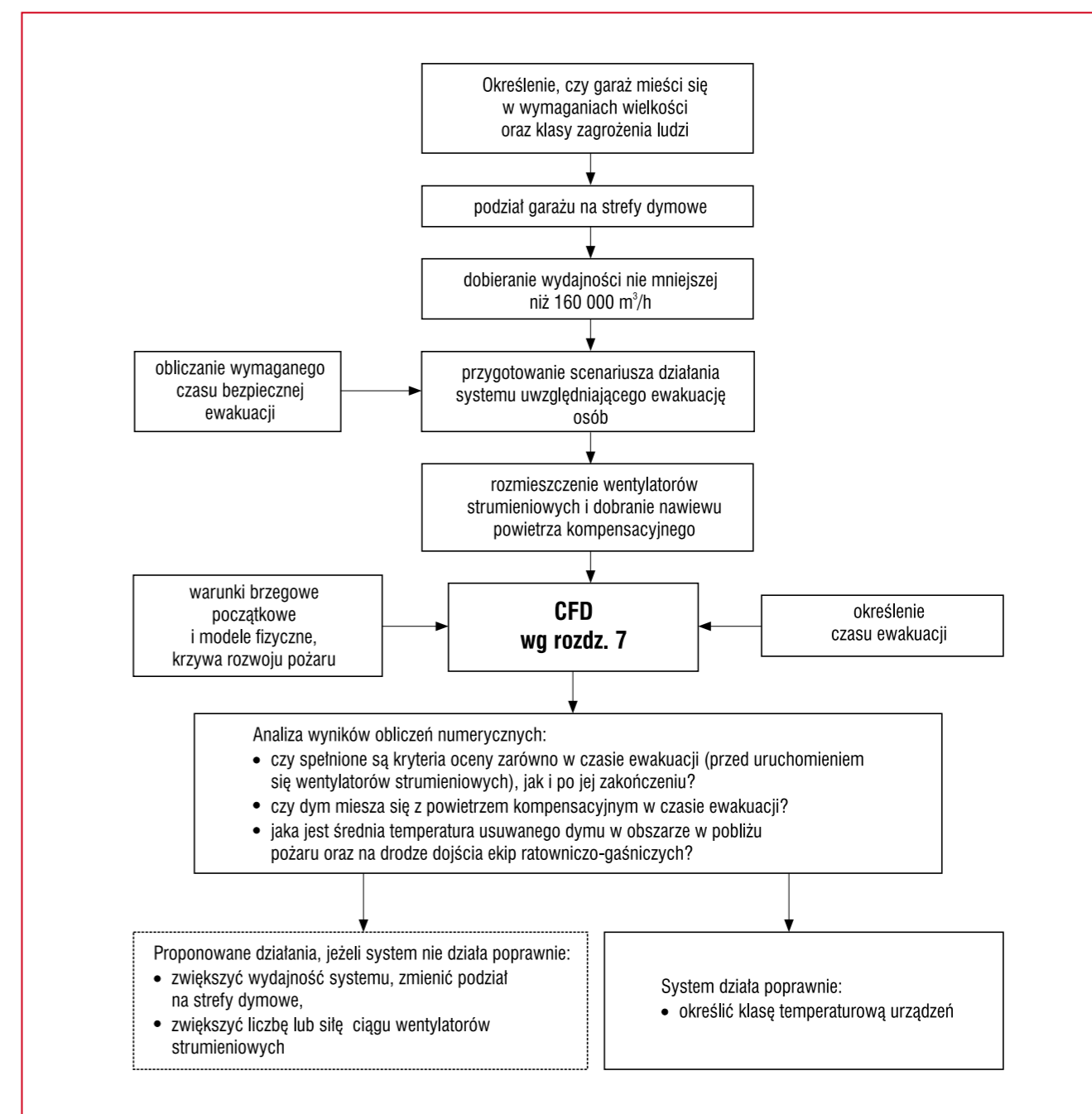
Innym częstym problemem pojawiającym się w przypadku szczelnych przestrzeni (np. garaże położone głęboko pod ziemią) jest wytworzenie w przestrzeni garażu zbyt dużego podciśnienia lub nadciśnienia w wyniku niewystarczającej grawitacyjnej kompensacji powietrza. Wentylatory usuwają niezmienną objętość powietrza, jednak jego masa zmniejsza się w wyniku rozprężenia termicznego gazów pożarowych. Może to oznaczać, że zbilansowane dla temperatury otoczenia nawiew i wyciąg przestają sobie odpowiadać, a w garażu następuje podniesienie ciśnienia względem otaczającej przestrzeni (np. klatek schodowych). Skutkiem jest np. zadymienie pionowych dróg ewakuacji lub przekroczenie kryterium siły niezbędnej do otwarcia drzwi na klatkę. Obserwacja powyższego zjawiska możliwa jest podczas oceny rozkładu ciśnienia w garażu w trakcie analizy CFD.

## Wentylacja strumieniowa – oczyszczanie z dymu

Wymagania stawiane systemom oczyszczania z dymu są zdecydowanie niższe, niż systemom kontroli. Z założenia dopuszcza się zadymienie całego obszaru garażu, a jedynym skutkiem pożaru, na

który system ma wpływ, jest temperatura dymu. Skutki pożaru w garażu z systemem oczyszczania będą większe niż w garażu z wentylacją oddymiającą czy systemem kontroli dymu i ciepła, jednak często rachunek ekonomiczny i społeczno-ekonomiczny koszt pożaru nie uzasadniają wykorzystania systemu droższego.

W przypadku systemu oczyszczania z dymu punktem wyjścia może być przyjęcie wydajności systemu 160 000 m<sup>3</sup>/h. Ta „magiczna liczba” powstała jako uśrednienie wyniku licznych analiz w ITB jako wartość, przy której w większości garaży udało się osiągnąć zamierzony cel działania (a poniżej tej wartości było to zazwyczaj niemożliwe). Nie jest to jednak jedyna właściwa wydajność



**Rys. 5.** Proces projektowania systemu wentylacji strumieniowej działającej jako system oczyszczania z dymu

– nierzadko, szczególnie w bardzo małych kubaturach, niezbędne jest podniesienie tej wartości tak, aby uzyskać wymaganą temperaturę dymu w garażu.

Co zrobić, jeżeli analiza CFD wykaże nieskuteczne działanie systemu? Projektant ma niewiele narzędzi, którymi może wpłynąć na system oczyszczania z dymu. W przypadku odnotowania zbyt wysokiej temperatury dymu niezbędne jest zwiększenie wydajności wyciągu lub zmiana bilansu powietrza nawiewanego do garażu.

Należy podkreślić, że system oczyszczania z dymu może zostać zrealizowany także z wykorzystaniem wyciągu przewodowego, co nie zostało ujęte w wytycznych ITB 493/2015, ale jest przedmiotem prac i zostanie uwzględnione w przyszłości.

## Podsumowanie

Wytyczne ITB 493/2015 stanowią bogate opracowanie dotyczące projektowania systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych przeznaczonych dla samochodów osobowych. Poza problematyką związaną z procesem projektowym w wytycznych zawarto rekomendacje związane z oceną działania systemów i ich wymiarowaniem, prowadzeniem analiz CFD czy badaniami in-situ.

Uzupełnieniem wiedzy zawartej w wytycznych ITB 493/2015 mogą być inne publikacje autorów dotyczące: wykorzystania zaawansowanych narzędzi w procesie projektowania oraz doboru pożaru projektowego [4], często popełnianych błędów w projektowaniu garaży [5] oraz wpływu użytkownika modelu numerycznego na wynik prowadzonej analizy [6].

**mgr inż. Wojciech Węgrzyński, mgr inż. Grzegorz Krajewski**

Zakład Badań Ognioowych, Instytut Techniki Budowlanej

**Literatura:** [http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/](http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4187,wentylacja-pozarowa-garazy-dobor-systemu-i-projektowanie-wg-itb-4932015)

[id4187,wentylacja-pozarowa-garazy-dobor-systemu-i-projektowanie-wg-itb-4932015](http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4187,wentylacja-pozarowa-garazy-dobor-systemu-i-projektowanie-wg-itb-4932015)

### Więcej o wytycznych ITB:

[http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4233,wentylacja-pozarowa-garazy](http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4233,wentylacja-pozarowa-garazy-symulacje-numeryczne-cfd-wg-itb-4932015)

[-symulacje-numeryczne-cfd-wg-itb-4932015](http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4233,wentylacja-pozarowa-garazy-symulacje-numeryczne-cfd-wg-itb-4932015)

[http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4285,wentylacja-pozarowa-garazy](http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4285,wentylacja-pozarowa-garazy-testy-z-goracym-dymem-wg-itb-4932015)

[-testy-z-goracym-dymem-wg-itb-4932015](http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4285,wentylacja-pozarowa-garazy-testy-z-goracym-dymem-wg-itb-4932015)

## Dwufunkcyjny system wentylacji pożarowej garaży

**System wentylacyjny garaży o powierzchni strefy pożarowej większej niż 1500 m<sup>2</sup> powinien spełniać zarówno zadania wentylacji bytowej, jak i wentylacji pożarowej jako środek ochrony dróg ewakuacyjnych i zespołów ratowniczych podczas pożaru. Dwufunkcyjny system wentylacji realizuje obydwa te scenariusze, wykorzystując pracę tych samych urządzeń. Łączenie funkcji wentylatora oddymiającego z bytowym trybem pracy jest sprawdzonym sposobem optymalizacji kosztów inwestycyjnych systemu wentylacji garaży zamkniętych, których dotyczy wymóg stosowania wentylacji pożarowej.**

**DWUFUNKCYJNOŚĆ = ODDYMIANIE + SKUTECZNA WENTYLACJA BYTOWA**

## Wentylacja pożarowa

Głównym zadaniem systemu wentylacji oddymiania jest ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu w przestrzeni garażu oraz jego skuteczne odprowadzenie na zewnątrz budynku z zapewnieniem warunków bezpiecznej ewakuacji.

System wentylacji pożarowej opiera się na zastosowaniu wentylatorów strumieniowych, które wymuszają uporządkowany przepływ mas powietrza w kierunku punktu wyciągu powietrza. W zależności od scenariusza pożarowego system umożliwi zastosowanie wentylatorów jednokierunkowych lub rewersyjnych. Praca w układzie rewersyjnym polega na zmianie kierunku przepływu mas powietrza w zależności od lokalizacji pożaru. Powietrze kompensacyjne doprowadzane jest do



Wizualizacja funkcjonowania systemu GETAWAY w trakcie wykrycia pożaru w I strefie dymowej



Wizualizacja funkcjonowania systemu GETAWAY w trakcie wykrycia pożaru w II strefie dymowej – rewersja

przestrzeni garażu poprzez otwory/szachty grawitacyjne, bramy wjazdowe lub poprzez zastosowanie nawiewu mechanicznego z udziałem wentylatorów nawiewnych.

Po wykonaniu wszystkich niezbędnych obliczeń i wstępnej selekcji systemu zaleca się wykonanie odpowiednich symulacji przy użyciu programów CFD, weryfikujących poprawność i skuteczność przyjętego systemu.

## Wentylacja bytowa

Wentylacja bytowa garaży polega na utrzymaniu właściwej jakości powietrza. Ruch samochodowy w zamkniętej przestrzeni powoduje emisję szkodliwych produktów spalania paliw, takich jak tlenki siarki, węgla, azotu czy metali ciężkich. Wentylatory strumieniowe wykorzystywane są do transportu zanieczyszczonego powietrza od punktów nawiewnych do punktów wyciągowych. Sprawnie działająca wentylacja bytowa garaży zapewnia skuteczne usuwanie zanieczyszczeń oraz zapewnia napływ kompensacyjny świeżego powietrza, chroniąc w ten sposób użytkowników korzystających z obiektu.

Zmianę parametrów pracy urządzeń umożliwia współpraca z systemem detekcji gazów CO/LPG. W zależności od zaprojektowanego schematu działania, wentylatory są załączane lub przełączane



Wizualizacja funkcjonowania systemu GETAWAY w trakcie normalnego użytkowania – wentylacja bytowa

na wyższy zakres wydajności w przypadku przekroczenia progów alarmowych. Równoległe ze sterowaniem w funkcji stężenia CO/LPG, system umożliwia realizację pracy niezależnej od aktualnych wskazań detektorów, przykładowo w celu okresowego przewietrzania w ustalonych godzinach.

## GETAWAY – kompletny system wentylacji oddymiającej garaży

System dwufunkcyjnej wentylacji garaży GETAWAY, to bezpośrednio współpracujące ze sobą urządzenia. W jego skład wchodzi wentylatory strumieniowe PIRAX, główne wentylatory oddymiające/bytowe w wersji osiowej AXEL/AXEL.L lub dachowej MOVO/MOVO.H oraz elementy detekcji CO/LPG, tj. detektory wraz z ostrzegawczymi tablicami optyczno-akustycznymi. Za realizację zaprojektowanych scenariuszy wentylacyjnych, odpowiednie wystawienie poszczególnych urządzeń, monitoring, kontrolę pracy, a także współpracę z systemami zewnętrznymi (SSP, BMS) odpowiedzialna jest centrala sterująca.

Stosowane w systemie wentylatory strumieniowe PIRAX dostępne są w klasie odporności ogniowej F300 lub F400. Wszystkie modele wyposażone są w silniki dwubiegowe, co stanowi jeden z podstawowych warunków optymalnego wykorzystania wentylatora w trybie pracy dwufunkcyjnej. Wybór najbardziej odpowiedniego scenariusza wentylacyjnego wykorzystującego wentylatory strumieniowe, umożliwiają modele zapewniające również pracę rewersyjną (PIRAX.R). Tłumiki wentylatora o przekroju eliptycznym, ułatwiają zachowanie wymaganej odległości dolnej krawędzi elementów instalacyjnych od posadzki (tj. 2 m zgodnie z WT § 102).

W zależności od przyjętego wariantu oraz uwarunkowań architektonicznych i konstrukcyjnych, jako główne urządzenia oddymiające stosowane są zamiennie wentylatory dachowe typoszeregu MOVO/MOVO.H lub osiowe wentylatory serii AXEL/AXEL.L, dedykowane przede wszystkim do montażu kanałowego. Wentylatory osiowe AXEL mogą zostać wykonane w wersji rewersyjnej, zarówno seria AXEL, jak i AXEL.L wykonywana jest w klasie F300 oraz F400. Wentylatory dachowe dostępne są w klasie odporności ogniowej F400 (typoszereg MOVO) oraz F600 (typoszereg MOVO.H). Silnik wentylatora dachowego został zamontowany w izolowanej obudowie zlokalizowanej poza strumieniem przepływającego powietrza. Chłodzenie silnika realizowane jest za pomocą specjalnego tunelu chłodzącego powietrzem.

We wszystkich dostępnych w ramach systemu wentylatorach głównych (MOVO/MOVO.H/AXEL/AXEL.L) zastosowano asynchroniczne silniki trójfazowe, dwu- lub jednobiegowe. Silniki jednobiegowe przystosowane są do płynnej regulacji przemiennikiem częstotliwości, popularnego sposobu sterowania pracą wentylatora na potrzeby wentylacji bytowej.

Ze względu na znaczne różnice parametrów przepływowych pomiędzy poszczególnymi trybami pracy (oddymianie/wentylacja bytowa), istotną cechą stosowanych w systemie wentylatorów



wywiewnych, jest ich szeroki zakres regulacji obrotów. Należy mieć na uwadze, że realizacja wspólnym wentylatorem wyciągowym, tak różnych pod względem wydajności scenariuszy, nie zawsze stanowi optymalne rozwiązanie. Kompletny system dwufunkcyjny powinien przewidywać również możliwość zastosowania odrębnych wentylatorów wywiewnych, dedykowanych wyłącznie do trybu bytowego. W ramach GETAWAY udostępniono liczne typy szeregi wentylatorów o standardowym wykonaniu, zróżnicowanych pod względem konstrukcyjnym, wydajnościowym, jak również możliwości realizacji montażu. Dla wielu dostępnych na rynku urządzeń może stanowić to znaczne ograniczenie techniczne.

Stosowana w zakresie systemu GETAWAY centrala sterująca odpowiedzialna jest za realizację założonych algorytmów i sekwencji załączania oraz kontrolę i sygnalizację stanu pracy urządzeń przeciwpożarowych. Po uzyskaniu sygnału alarmowego z centrali SSP, BMS lub sygnałów z detekcji CO i LPG, centrala uruchamia wentylatory zgodnie z wcześniej zaprojektowanym scenariuszem pożarowym lub w trybie bytowym. Szczegółowy dobór centrali odbywa się każdorazowo, indywidualnie dla inwestycji, z uwzględnieniem: scenariuszy przyjętych w projekcie wentylacji i oddymiania, wytycznych projektu automatyki, SAP, branży elektrycznej oraz założeń i wniosków wynikających z raportu symulacji CFD.

## Podsumowanie

GETAWAY to nie tylko zestaw kompatybilnych i wzajemnie współpracujących urządzeń dwufunkcyjnej wentylacji garaży. To także gwarancja indywidualnego podejścia zespołu Harmann do każdej koncepcji oraz szczegółowej analizy wytycznych poszczególnych branż.

HARMANN POLSKA SP. Z O.O.  
31-574 Kraków, ul. Ciepłownicza 54  
tel. 12 650 20 30  
biuro@harmann.pl



## Facebook

Prężnie działający profil gromadzący sympatyków RI



## Konferencje

Efektywna platforma wymiany praktycznej wiedzy i doświadczeń

### Rynekinstalacyjny.pl

Popularny portal branżowy umożliwia natychmiastowy dostęp do wiarygodnych informacji – m.in. wszystkich publikacji RI od 2008 r.

### Biblioteka RI

Wydania specjalne w formie dodatków do gazety – bezpłatne dla prenumeratorów RI



### Magazyn

Specjalistyczny miesięcznik informacyjno-techniczny, punktowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W numerze m.in.: artykuły techniczne, porady specjalistów, opisy projektów, nowości techniczne



**INSTALACJE:**  
grzewcze  
wentylacyjne  
klimatyzacyjne  
wod-kan



### e-Newsletter

Aktualności dotyczące rynku instalacyjnego, wywiady, nowości produktowe, informacje o szkoleniach, konferencjach i targach



### TV instalacje

Telewizja branżowa: wywiady, filmy poradnikowe, relacje z wydarzeń

### Seria „i”

Poradniki instalacyjne przygotowywane przez praktyków i specjalistów

## Cele i rozwiązania systemów wentylacji pożarowej

**Wentylacja pożarowa powinna pełnić ważną funkcję w zintegrowanych systemach bezpieczeństwa budynku. Z praktyki jednak wynika, że instalacje montowane w budynkach są zdecydowanie zbyt często projektowane i wykonywane pod kątem spełnienia minimalnych wymagań wynikających z przepisów, a ich skuteczność ograniczana wyłącznie do prób odbiorowych.**

Rozporządzenia dotyczące ochrony przeciwpożarowej [1] i warunków technicznych [2] jednoznacznie mówią o skuteczności systemów bezpieczeństwa pożarowego w czasie pożaru: (...) *zabezpieczenie przed utrzymaniem się na drogach ewakuacyjnych dymu w ilości, która ze względu na ograniczenie widoczności lub toksyczność uniemożliwiłaby bezpieczną ewakuację.* Zapis ten oznacza, że niewystarczające jest zaprojektowanie, wykonanie i przeprowadzenie procedury odbiorowej systemu wentylacji pożarowej. Instalacja ta musi zadziałać zgodnie z przewidzianą dla niej efektywnością w warunkach rzeczywistego pożaru, a ten może się wydarzyć nawet po wielu latach od przekazania budynku do użytkowania.

Właściwa interpretacja przepisów skutkuje rozszerzoną w czasie odpowiedzialnością projektanta, wykonawcy, rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń ppoż. i administratora obiektu. Prawidłowo wykonana instalacja, utrzymywana w dobrym stanie technicznym, musi pozostawać w stałej gotowości do pracy i być okresowo testowana. Sytuacja taka, jak wynika z doświadczeń autora, nie jest jednak typowa.

Kluczem do doboru i skonstruowania efektywnego systemu bezpieczeństwa pożarowego w budynku jest właściwe zrozumienie celu i zasady funkcjonowania wentylacji pożarowej, dobranie odpowiedniego dla konkretnego obiektu rozwiązania, zastosowanie dobrze skonfigurowanego, pewnego w działaniu zestawu urządzeń oraz przestrzeganie procedur konserwacji i testowania systemu.

## Odpowiedzialność za ostateczny kształt projektu

Istotna jest wiedza odnośnie do kompetencji i zakresu odpowiedzialności osób uczestniczących w procesie tworzenia systemu wentylacji pożarowej w obiekcie. Nowe regulacje prawne zawarte w rozporządzeniu w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej [3] precyzują rolę rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych i projektanta w tworzeniu projektu technicznego. „**Uzgodnienia projektu budowlanego dokonuje się w toku**

**wzajemnej współpracy projektanta z rzeczoznawcą** do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych w trakcie sporządzania przez projektanta projektu budowlanego, polegającej na:

1. konsultacji rozwiązań projektowych w zakresie oceny ich zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej;
2. wymianie uwag i stanowisk w zakresie projektowanych technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego;
3. opracowaniu scenariusza pożarowego dla obiektu budowlanego objętego obowiązkiem stosowania systemu sygnalizacji pożarowej”.

Co ważne, w cytowanym rozporządzeniu doprecyzowane zostało pojęcie scenariusza pożarowego definiowanego jako *opis sekwencji możliwych zdarzeń w czasie pożaru, reprezentatywnego dla danego miejsca jego wystąpienia lub obszaru oddziaływania, w szczególności dla strefy pożarowej lub strefy dymowej, uwzględniający przede wszystkim: a) sposób funkcjonowania urządzeń przeciwpożarowych, innych technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, urządzeń użytkowych lub technologicznych oraz ich współdziałanie i oddziaływanie na siebie (...).*

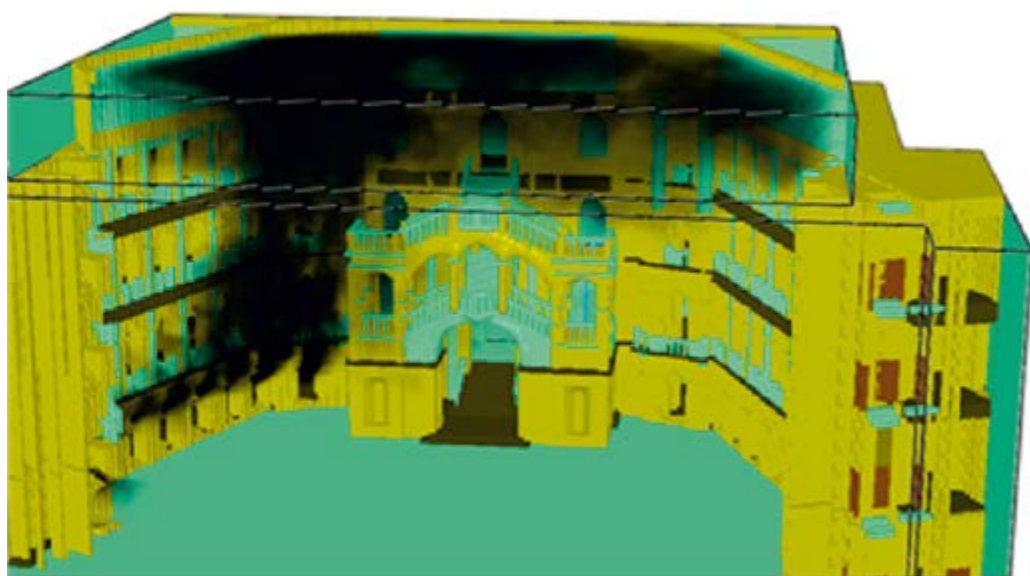
Warto również zaznaczyć, że zgodnie z przyjętą 5 sierpnia 2015 r. ustawą o zmianie ustaw regulujących warunki dostępu do wykonywania niektórych zawodów wprowadzona została istotna zmiana dotycząca możliwości unieważnienia przez komendanta wojewódzkiego PSP uzgodnienia dokonanego przez rzeczoznawcę. Do niedawna unieważnienie takie mogło mieć miejsce, jeżeli doszło do rażącego naruszenia prawa (polegającego na dopuszczeniu rozwiązań projektowych mających istotny negatywny wpływ na stan bezpieczeństwa pożarowego budynku w związku z niespełnieniem wymagań z zakresu ochrony ppoż. określonych w przepisach techniczno-budowlanych lub przeciwpożarowych, w szczególności mogących powodować zagrożenie życia ludzi). Obecnie do dnia uzyskania pozwolenia na użytkowanie obiektu komendant wojewódzki PSP może unieważnić uzgodnienie projektu, który będzie zawierał rozwiązania niezgodne z wymaganiami ochrony ppoż., mające **istotny wpływ** na stan bezpieczeństwa pożarowego obiektu budowlanego. Rozwiązanie takie zwiększa kompetencje komendanta wojewódzkiego, zmuszając jednocześnie zarówno rzeczoznawcę, jak i projektanta do większej ostrożności i dbałości przy opracowywaniu projektu i koncepcji zabezpieczeń ppoż.

## Cel funkcjonowania i zasada działania systemów wentylacji pożarowej

Określenie celu działania instalacji wentylacji pożarowej powinno stanowić pierwszy etap stworzenia koncepcji przyszłych rozwiązań technicznych dla każdego obiektu budowlanego. Pełniący funkcję ochrony życia system wentylacji pożarowej powinien działać z maksymalną efektywnością

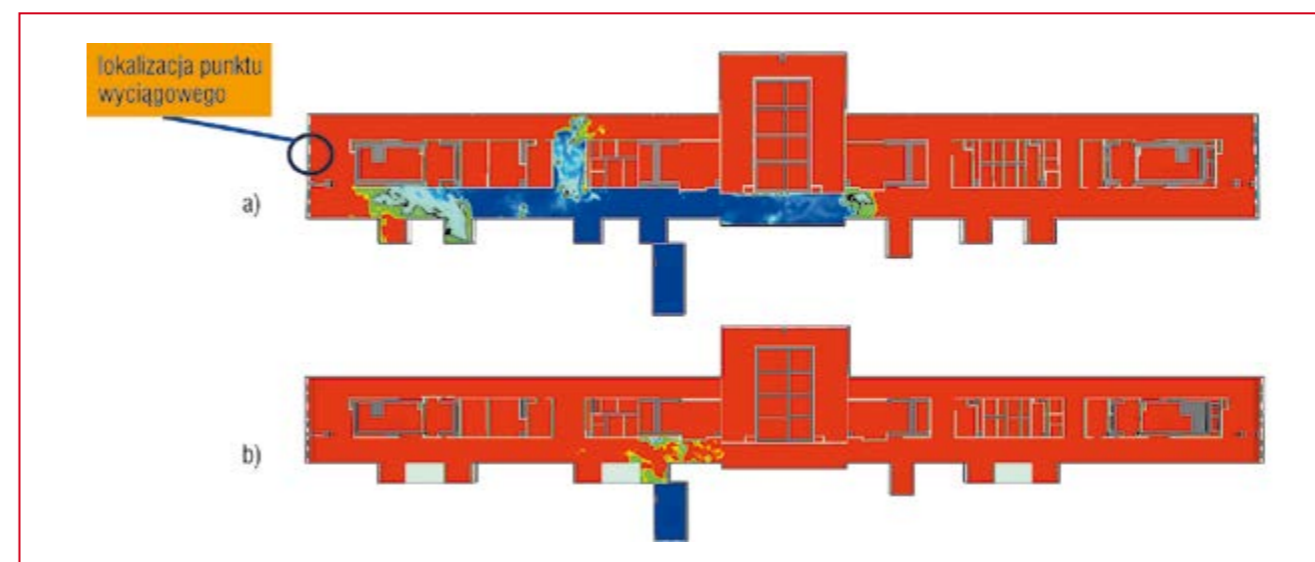
już w początkowej fazie pożaru, zabezpieczając drogi ewakuacji przed utrzymywaniem się na nich dymu w stężeniu zagrażającym życiu i zdrowiu ludzi. Wymagań takich nie stawia się systemom wentylacji pożarowej, których głównym zadaniem jest ułatwienie pracy ekipom ratowniczo-gaśniczym, ochrona konstrukcji budynku oraz ograniczenie strat związanych z jego zadymieniem. W takich przypadkach o uruchomieniu systemu oddymiania decydować może dowodzący akcją ratowniczą, sygnał do uruchomienia systemu wentylacji pożarowej może pochodzić także np. z instalacji tryskaczowej.

Nadrzędne priorytety dla funkcjonowania omawianych instalacji uzależnione są zawsze od przeznaczenia i sposobu użytkowania budynku. Ich ustalenie możliwe jest w oparciu o instrukcję bezpieczeństwa pożarowego obiektu uwzględniającą jego specyficzne potrzeby. Jako przykład przytoczyć można sformułowanie celów działania (zadań dla projektanta instalacji oddymiania) obiektu nietypowego, jakim jest Aula Główna Politechniki Warszawskiej. Zaprojektowana instalacja musi w jak największym stopniu ograniczyć poziom ryzyka wszystkich użytkowników Auli. Realizacja tego celu oznacza, że zagrożona strefa budynku zostanie opuszczona w określonym czasie ewakuacji. Po zakończeniu akcji ratowniczo-gaśniczej instalacja oddymiania oraz wprowadzone zmiany konstrukcyjne w zakresie funkcjonowania oddzieleni przeciwpożarowych powinny pozwolić na szybkie oczyszczenie obiektu z dymu (**rys. 1**). System wentylacji pożarowej musi być zoptymalizowany pod względem kosztów inwestycyjnych przy minimalnej (ze względu na zabytkowy charakter obiektu) ingerencji w konstrukcję i wygląd budynku.



**Rys. 1.** Przykład wizualizacji skuteczności oddymiania Auli Głównej PW przy pożarze zlokalizowanym w pomieszczeniu przyległym, na parterze

W nietypowych obiektach pojawiać się mogą dodatkowe wymagania. W Auli Głównej system oddymiania musi działać z taką efektywnością, żeby temperatura gazów pożarowych pod ograniczającym od góry dziedzińcem Auli plafonem dekoracyjnym wykonanym z Lexanu była niższa niż temperatura uplastycznienia tego materiału (na podstawie certyfikatu ITB dla Lexanu – poniżej 145°C). Realizacja tak nakreślonych celów wymusiła zastosowanie rozwiązań inżynierskich umożliwiających dobranie optymalnej wielkości instalacji oddymiającej w oparciu o zaawansowany program symulacji komputerowych (walidowanych na podstawie przeprowadzonej w obiekcie próby z dymem gorącym – **rys. 2**).



**Rys. 2.** Przykładowe wyniki symulacji – analizy wielkości zadymienia poziomych dróg ewakuacji: a) czas 4 min – drzwi z pomieszczenia objętego pożarem pozostają otwarte, b) czas 4 min – drzwi po ucieczce ludzi (w drugiej minucie od wybuchu pożaru) przechodzą do pozycji zamkniętej  
Autor: Tomasz Burdzy

W przypadku większości obiektów użytkowych, o mniejszym stopniu skomplikowania, dla określenia celów działania instalacji wentylacji pożarowej wystarczy realizacja wymagań zawartych w warunkach technicznych [1]. Interpretacja tych przepisów nie zawsze jest jednak jednoznaczna. Posłużyć się tu można bardzo charakterystycznym przykładem poziomych dróg ewakuacji w budynkach wysokich i wysokościowych. W przepisach przywołana jest konieczność ochrony tych przestrzeni przed zadymieniem i utrzymywaniem się na nich dymu, który to wymóg powszechnie interpretowany jest jako konieczność wykonania na korytarzach ewakuacyjnych instalacji oddymiającej (spełniającej wymogi §270 WT). Tymczasem taka interpretacja nie jest właściwa, i to z kilku powodów.

Po pierwsze, celem działania instalacji wyciągowej powietrza i dymu w systemach różnicowania ciśnienia (obligatoryjnych do stosowania w wymienionej grupie obiektów) nie jest ciągłe oddymianie korytarzy, ale stworzenie warunków dla utrzymania ukierunkowanego przepływu w otwartych drzwiach oddzielających strefę podwyższonego i niepodwyższonego ciśnienia. Realizacja tego

celu wymaga dużo mniejszych ilości odprowadzanego powietrza, niż wymagałoby tego skuteczne oddymianie.

Po drugie, jak wskazują doświadczenia praktyczne, próby obiektowe i symulacje, instalacja wyciągu dymu o wielkości realnej do zrealizowania w większości obiektów nie jest w stanie skutecznie (z zachowaniem pionowej separacji powietrza i dymu) oddymić korytarzy ewakuacyjnych przy ciągłym napływie dymu z pomieszczenia, w którym wybuchł pożar. Ponadto zwiększenie ilości odbieranego powietrza ponad zalecenia standardów projektowania systemów różnicowania ciśnienia prowadzić może do zbyt dużej różnicy ciśnienia na granicy strefy chronionej oraz niechronionej nadciśnieniem, co prowadzi do znacznego przekroczenia siły koniecznej do otwarcia drzwi i stawia pod znakiem zapytania główny cel funkcjonowania całej instalacji.

Ochrona przed zadymieniem korytarzy wymaga więc przede wszystkim zastosowania samozamykaczy na drzwiach pożarowych pomiędzy korytarzem i pomieszczeniami przyległymi, co ogranicza napływ dymu do korytarzy ewakuacyjnych. Oczywiście tu też jest haczyk: ograniczenie napływu dymu do korytarza jest możliwe, jeżeli ściana oddzielająca pomieszczenie od korytarza zabudowana jest do stropu właściwego (w praktyce często ścianki takie wykonane z karton-gipsu zabudowywane są do poziomu stropu podwieszanego), nie jest podziurawiona np. transferami powietrza i ma odporność pożarową przynajmniej taką jak drzwi.

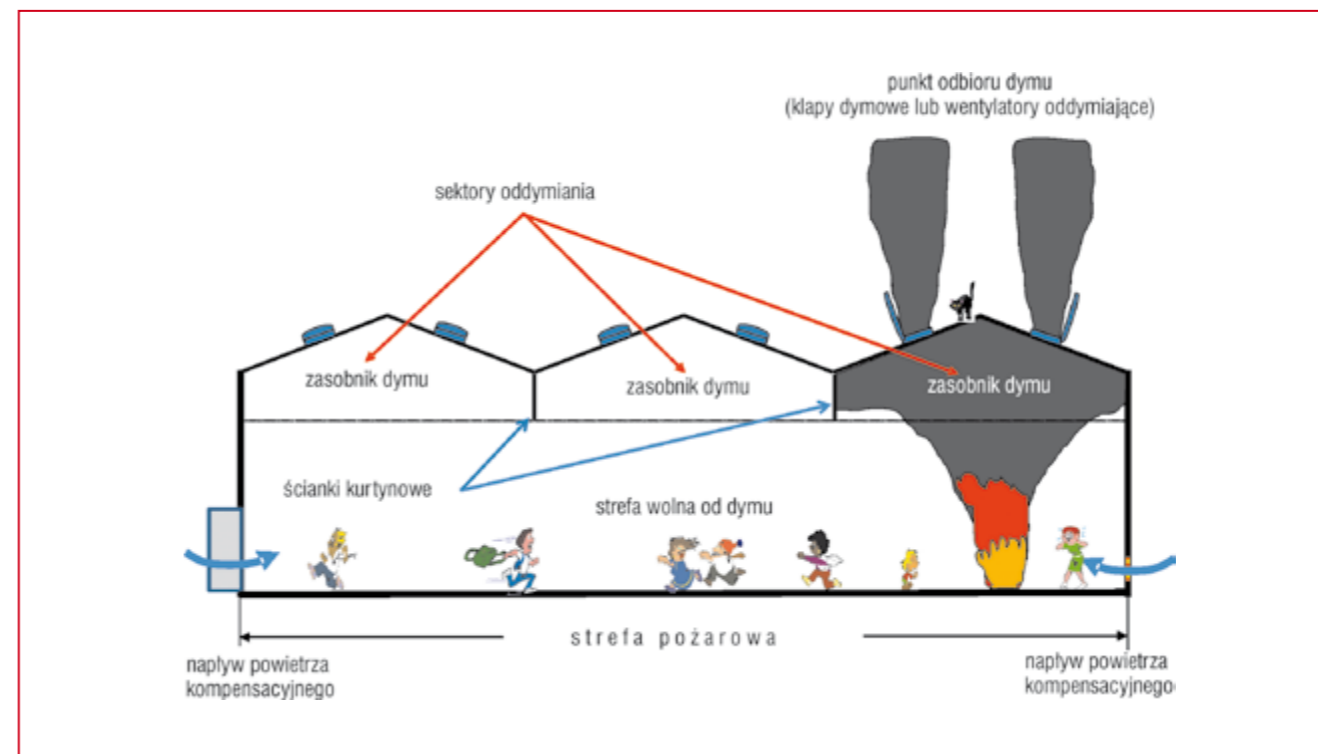
Przy spełnieniu powyższych warunków wyciąg mechaniczny powietrza i dymu skonstruowany na potrzeby systemu różnicowania ciśnienia będzie w stanie oczyścić korytarz z okresowo trafiającej tu porcji dymu (przynajmniej w początkowej fazie pożaru, kiedy trwa ewakuacja obiektu).

Jak widać zatem, właściwe określenie celu działania instalacji wentylacji pożarowej ma w każdym przypadku kluczowe znaczenie dla sporządzenia odpowiednich założeń projektowych oraz określenia scenariusza funkcjonowania całego systemu bezpieczeństwa pożarowego.

## Podstawowe typy wentylacji pożarowej

Opisane powyżej cele powinny być realizowane przez jeden z trzech typów systemów wentylacji pożarowej, dostosowany do rodzaju obiektu oraz wymagań prawnych:

1. **Wentylacja oddymiająca**, czyli zestaw urządzeń stosowanych do usunięcia poza budynek dymu powstającego podczas pożaru. Ten typ instalacji (**rys. 3**) znajduje zastosowanie w obiektach wielkokubaturowych o charakterze przemysłowo-magazynowym, ale również w obiektach użytkowych, takich jak sklepy wielkoprzestrzenne, galerie handlowe, hale sportowe i wystawienne, dworce lotnicze i kolejowe, aule itd. Zasada działania instalacji sprowadza się do odprowadzenia dymu z przestrzeni podstropowej obiektu (tzw. zasobnika dymu) za pomocą klap dymowych (oddymianie grawitacyjne) lub wentylatorów wyciągowych (oddymianie mechaniczne). Ilość



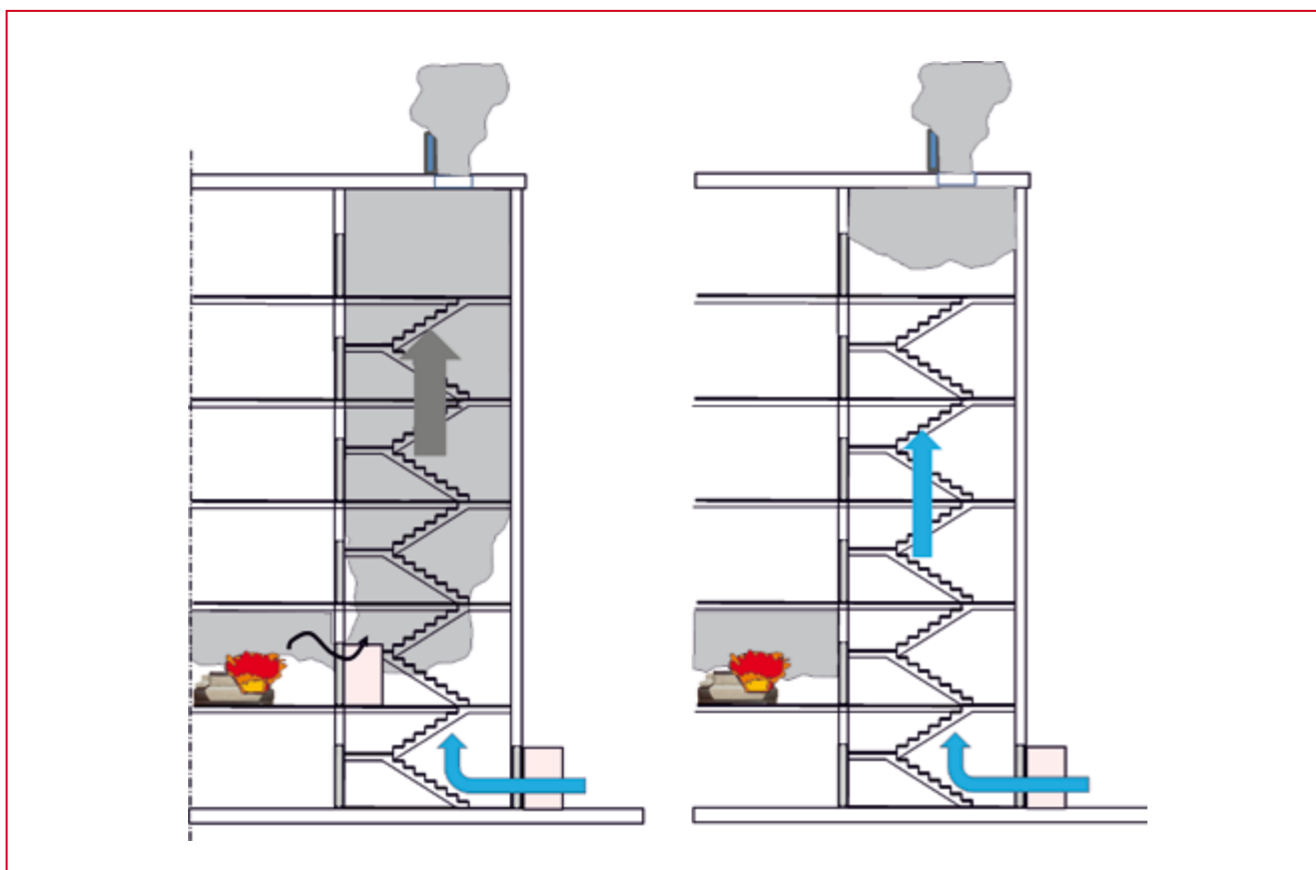
Rys. 3. Podstawowe elementy składowe systemu oddymiania

wyciąganego dymu powinna być co najmniej równa strumieniowi dymu napływającego do zasobnika, chyba że realizacja celu działania instalacji pozwala na zastosowanie mniejszej wydajności wyciągu (np. utrzymuje się graniczną wartość temperatury podstropowej lub akceptowalne warunki ewakuacji przez określony czas).

2. **Urządzenia służące do usuwania dymu z pionowych dróg ewakuacji.** Idea funkcjonowania tej instalacji polega na odprowadzeniu z przestrzeni klatki schodowej dymu, który przeniknie do jej wnętrza w czasie, kiedy na klatkę wchodzi osoba z kondygnacji objętej pożarem. Działanie instalacji powinno usunąć dym z drogi ewakuacji, przywracając drożność klatki schodowej. Zakłada się, że klatka jest obudowana i wyposażona w samozamykające się drzwi pożarowe, które automatycznie przechodzą do pozycji zamkniętej po przejściu ostatniej osoby, odcinając napływ dymu. System oddymiania składać się musi z urządzeń odbioru dymu (np. klapy dymowe) i instalacji nawiewu powietrza kompensacyjnego (np. automatycznie otwieranych drzwi na poziomie wyjścia z budynku lub mechanicznego nawiewu pożarowego). Zamontowane w klatce schodowej urządzenia oddymiające mogą być również wykorzystane przez straż pożarną do odprowadzenia dymu po ugaszeniu pożaru. Stosowanie omawianego typu instalacji ograniczone jest do obiektów co najwyżej średniowysokich (z wyjątkiem budynków mieszkalnych i przemysłowych).

Mówiąc o systemach oddymiania, należy podkreślić, że ze względu na zaangażowanie prostych rozwiązań technicznych są to układy tańsze od bardziej zaawansowanych i skuteczniejszych urządzeń różnicowania ciśnienia. Jednocześnie zapisy warunków technicznych pozwalają na szerokie





Rys. 4. Schemat funkcjonowania systemu oddymiania

stosowanie urządzeń oddymiających w budownictwie mieszkaniowym, nawet z włączeniem grupy budynków wysokich (mieszkalnych i przemysłowo-magazynowych). Czynniki te sprawiają, że systemy oddymiania (rys. 4) są i będą bardzo popularną grupą rozwiązań służących ochronie pionowych dróg ewakuacji.

W 2016 r. przeprowadzony został szeroki program badań „bezpiecznaewakacja.pl” dotyczący skuteczności różnych rozwiązań wentylacji oddymiającej klatek schodowych. Wyniki wykazały m.in., że instalacja oddymiania grawitacyjnego działa skutecznie tylko w określonych warunkach. Cały system musi być uruchamiany automatycznie w początkowej fazie pożaru (po zadziałaniu czujki w sąsiedztwie pożaru lub na klatce schodowej w pobliżu testowanej kondygnacji). Stratyfikacja gazów pożarowych w warunkach nie w pełni rozwiniętego pożaru oraz po jego ugaszeniu może być niewystarczająca do skutecznego oddymiania klatki schodowej. Efekt oddymiania może zostać również poważnie ograniczony przy niższej temperaturze klatki niż temperatura zewnętrzna (w okresie letnim). W opisanych powyżej warunkach nastąpić może „zakorkowanie” klatki, czyli stała obecność dymu w obrębie kilku kondygnacji.

Ponadto skuteczność systemów grawitacyjnych uzależniona jest od oddziaływania wiatru, a szczególnie wrażliwe na zakłócenia i podatne na działanie wiatru są systemy oddymiania wyposażone w fasadowe okna oddymiające. Bardzo ważne jest potwierdzenie, że system oddymiania

wspomagany nawiewem mechanicznym zapewnia większą pewność i stabilność działania instalacji oddymiania niż każda z konfiguracji systemu oddymiania grawitacyjnego. Co istotne, ze względu na dynamiczne zmiany w strukturze budynku (pęknięcie okien, zmiana konfiguracji otwartych drzwi, blokowanie drzwi oddzielenia pożarowego itp.), a także zmienne parametry środowiska zewnętrznego (np. parcie wiatru) dla uzyskania pełnej efektywności systemu konieczne jest stosowanie adaptacyjnego sterowania nawiewem mechanicznym.

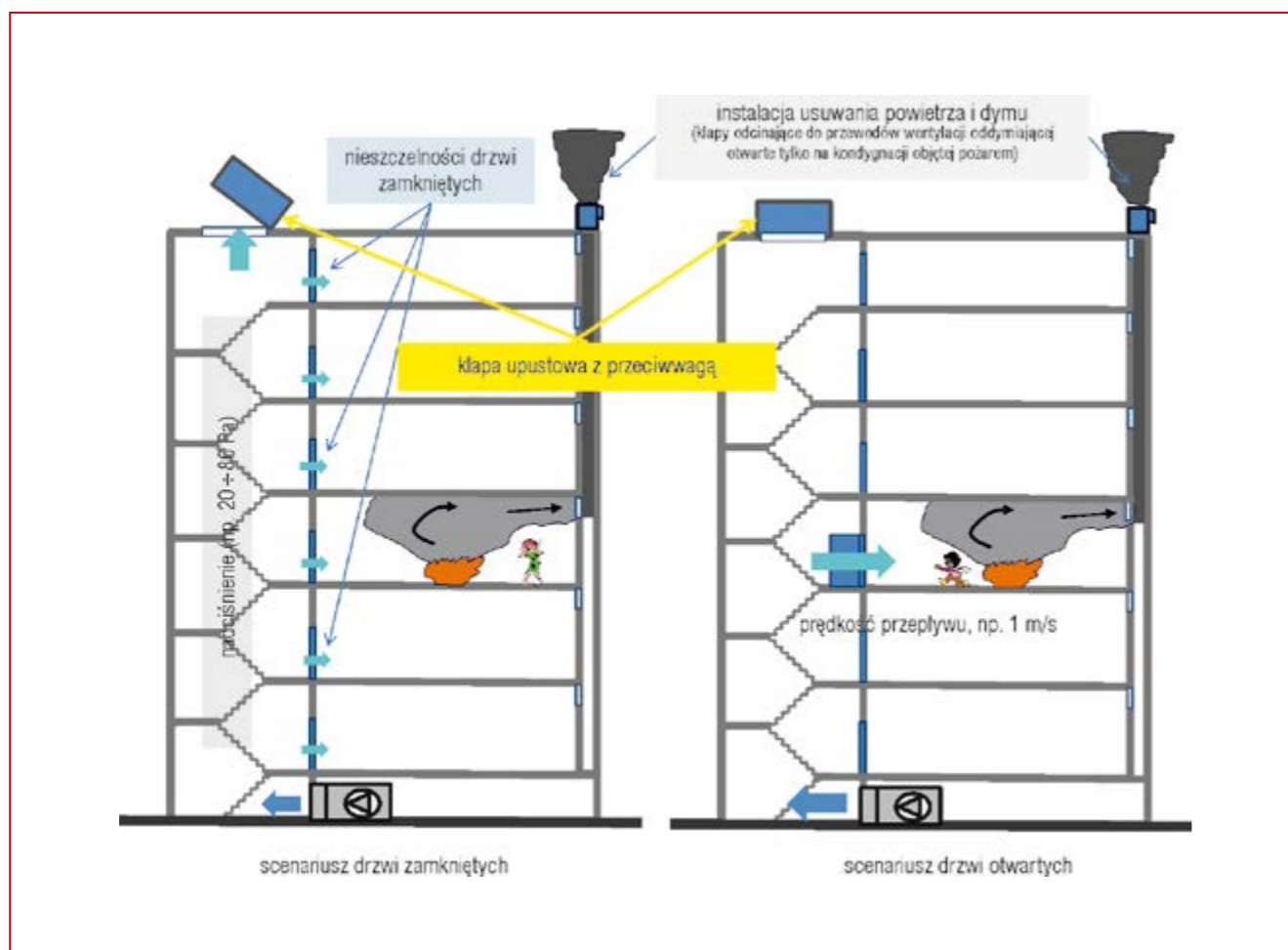
3. **Urządzenia służące zapobieganiu zadymieniu.** Systemy różnicowania ciśnienia muszą być stosowane w budynkach o znacznej wysokości, klasyfikowanych w warunkach technicznych jako wysokie (W) i wysokościowe (WW). Ich zadanie polega generalnie na zabezpieczeniu przed napływem dymu do chronionych przestrzeni budynku (klatek schodowych, przedsionków przeciwpożarowych, szachtów windowych, czasami korytarzy ewakuacyjnych i wydzielonych pomieszczeń). Zabezpieczenie to polega na:

- wytworzeniu i ustabilizowaniu w chronionej przestrzeni nadciśnienia (klatki schodowe, przedsionki ppoż., szachty wind na potrzeby ekip ratowniczych, czasem korytarze i wydzielone pomieszczenia) o wartości 20–80 Pa w stosunku do przestrzeni niechronionej nadciśnieniem (korytarze, przestrzenie typu open-space). Warunek nadciśnienia obowiązuje w sytuacji, kiedy wszystkie drzwi prowadzące do przestrzeni chronionej pozostają zamknięte;
- utrzymaniu ukierunkowanego przepływu powietrza w drzwiach otwartych pomiędzy strefą chronioną i niechronioną nadciśnieniem (prędkość przepływu min. 0,75–2,0 m/s). Warunkiem koniecznym jest tu działanie na kondygnacji objętej pożarem instalacji odbioru powietrza i dymu (wyciąg mechaniczny lub automatycznie otwierane okna zewnętrzne). Warunek prędkości przepływu dotyczy kondygnacji, na której wybuchł pożar i działa instalacja odbioru powietrza i dymu;
- zapewnieniu krótkiego czasu zmiany scenariusza pracy systemu z warunku nadciśnienia w trzonie klatki schodowej na warunek przepływu w drzwiach otwartych i skuteczne cykliczne przechodzenie z jednego trybu pracy na drugi w zależności od przebiegu ewakuacji piętra objętego pożarem;
- utrzymaniu na granicy strefy chronionej nadciśnieniem siły potrzebnej do otwarcia drzwi na poziomie nieprzekraczającym 100 N (warunek ten musi zostać spełniony na całej wysokości klatki schodowej).

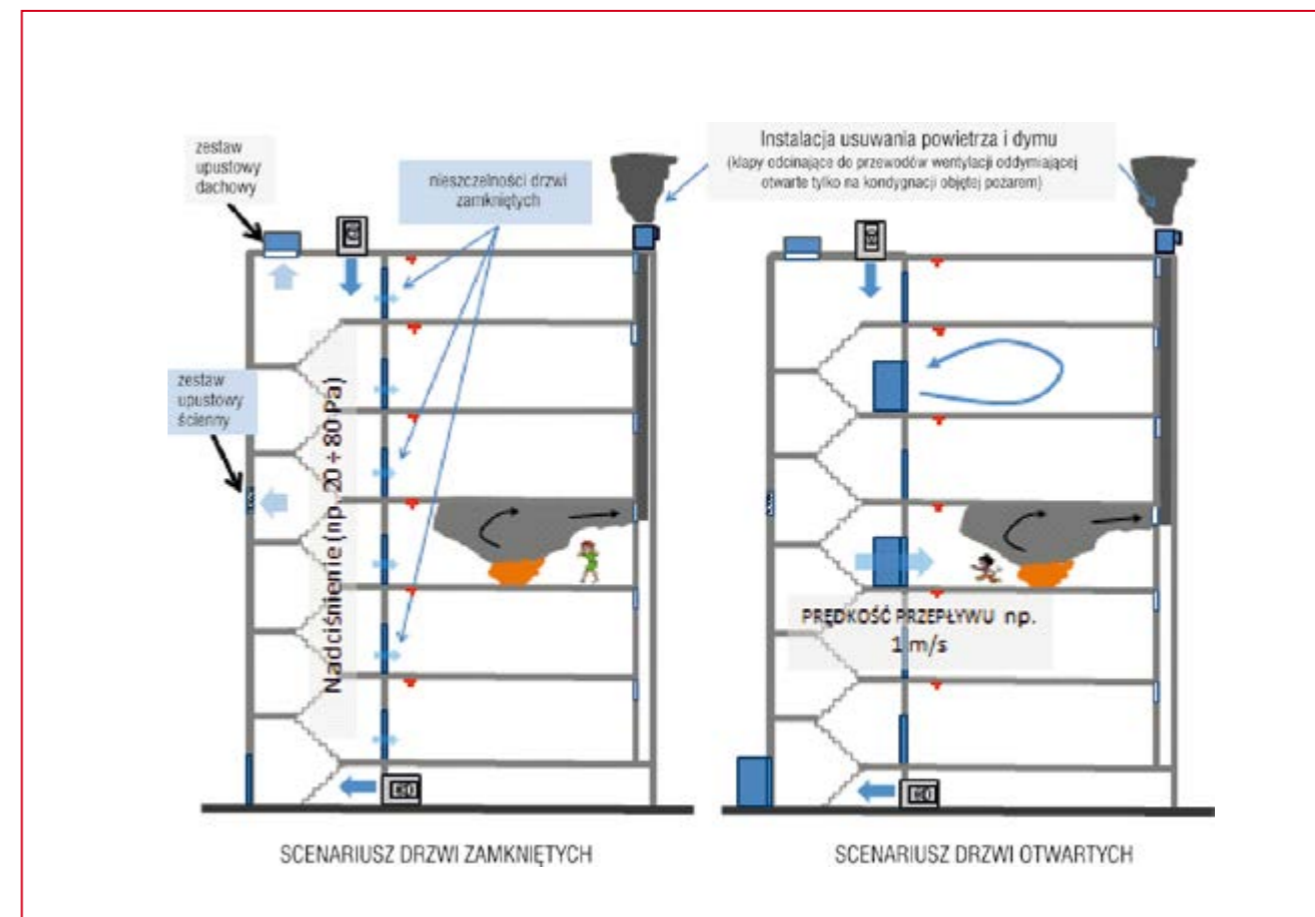
Przedstawione powyżej zadania realizowane są przez zestawy urządzeń do różnicowania ciśnienia działające w koincydencji z instalacjami (grawitacyjnymi lub mechanicznymi) służącymi do odprowadzenia dymu i ciepła. Podstawowe zestawy urządzeń do różnicowania ciśnienia podzielić można na systemy pasywne i aktywne. Do układów pasywnych zalicza się instalacje, w których funkcję regulacji nadciśnienia w przestrzeni chronionej pełnią kłapy upustowe. Rozwiązania te zawdzięczają swoją popularność głównie prostej zasadzie działania (co przekłada się również na

cenę zestawu urządzeń) i silnemu umocowaniu w normie EN-PN 12101-6. Są to powody, dla których coraz więcej działających na naszym rynku firm wprowadza tego typu rozwiązania do swojej oferty. Najprostsze, klasyczne układy pasywne składają się z jednobiegowego wentylatora nawiewu powietrza do klatki schodowej i kłapy nadmiarowo-upustowej montowanej w jej najwyższej części (rys. 3). Stały strumień powietrza trafiający do klatki schodowej, dobrany dla warunku utrzymania prędkości przepływu w drzwiach otwartych, powoduje wzrost ciśnienia w tej przestrzeni, którego wielkość regulowana jest przez otwierającą się klapę upustową. Otwarcie drzwi na kondygnacji z funkcjonującą instalacją odbioru dymu powoduje spadek ciśnienia w przestrzeni klatki schodowej, co skutkuje zamknięciem się kłapy upustowej. Strumień powietrza przez otwarte drzwi przepływa w kierunku punktów usuwania dymu. Czas reakcji systemu regulowany jest w tym przypadku przez moment zamykający klapę regulacyjną, co pozwala na reakcję systemu w czasie nie dłuższym niż 3 s.

Wspólną cechą wszystkich zestawów urządzeń, w których funkcję regulacji pełni klapa ciśnieniowa, jest regulacja nadciśnienia w przestrzeni chronionej w odniesieniu do ciśnienia atmosferycznego. Tymczasem rozkład ciśnienia na całej wysokości klatki schodowej i ciśnienia w niechronionych



Rys. 5. Schemat funkcjonowania pasywnego systemu zapobiegania zadymieniu

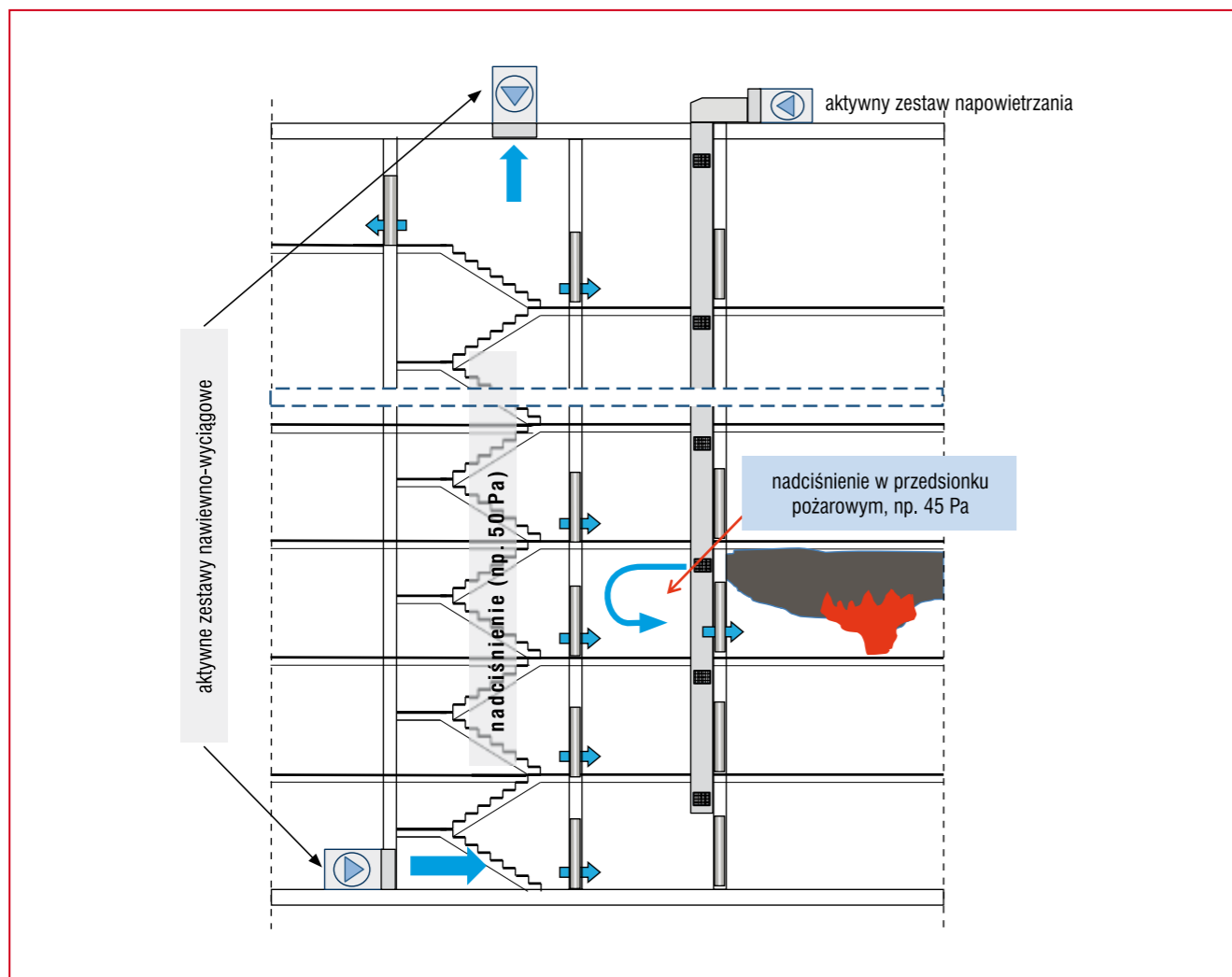


Rys. 6. Rozbudowany system pasywny z wykorzystaniem dwóch kłap ciśnieniowych i dwóch zespołów nawiewnych

częściach budynku nie jest jednorodny. Jest to poważne ograniczenie skuteczności kłap upustowych, których działanie nie uwzględnia rozkładu ciśnienia wewnętrznego (rys. 5).

Stopniowo pojawiają się na rynku coraz nowsze modyfikacje systemów pasywnych, pozwalające na rozszerzenie zakresu ich stosowania i ograniczające wrażliwość tego typu rozwiązań na oddziaływanie warunków atmosferycznych. Są to na przykład łatwe do zamontowania w dowolnej przestrzeni klatki schodowej układy monoblokowe składające się z wentylatora nawiewu pożarowego zamontowanego we wspólnej obudowie z klapą nadciśnieniową wyposażoną w mechanizm sprężynowy. Ponieważ cały zestaw urządzeń montowany jest wewnątrz budynku, wyeliminowane tu zostały opisane powyżej zagrożenia związane z zamarzaniem i wpływem parcia wiatru.

Kolejny wariant zestawu urządzeń z omawianej grupy przewiduje wykorzystanie dwóch jednostek napowietrzania pożarowego oraz zestawu dwóch kłap upustowo-nadciśnieniowych zabudowanych np. w formie zestawów upustowych (wyposażonych dodatkowo w automatycznie otwierającą przepustnicę i opcjonalnie system przeciwbłodzeniowy). Tak rozbudowane układy odznaczają się wysoką elastycznością działania i zdolnością do płynnej regulacji nadciśnienia na całej wysokości klatki schodowej. Nadal jednak punktem odniesienia dla tej regulacji jest atmosfera, a nie ciśnienie na wewnętrznych drogach ewakuacji (rys. 6).



**Rys. 7.** Przykładowy system różnicowania ciśnienia – układ przepływowy przeznaczony dla budynków wysokościowych

Pod pojęciem aktywnych systemów różnicowania ciśnienia należy rozumieć system napowietrzania pożarowego, w którym funkcję regulacji przepływu powietrza, w ilości niezbędnej dla realizacji zadań scenariusza pożarowego, pełnią elektronicznie sterowane urządzenia: zespoły nawiewno-wyciągowe lub klapy sterowane czujnikami ciśnienia. Szczególną popularność zyskują ostatnio rozwiązania, w których wydajność wentylatorów reguluje się w zależności od aktualnie realizowanego scenariusza napowietrzania (warunek stabilizacji ciśnienia lub przepływu w drzwiach otwartych) za pomocą przetwornicy częstotliwości (falownika) i zaawansowanej automatyki sterującej, zarządzającej pracą systemu oraz kontrolującej i rejestrującej pracę układu. Faktyczna skuteczność układów adaptacyjnych jest uzależniona właśnie od jakości systemów sterowania, a najnowszym osiągnięciem w tej dziedzinie są tzw. systemy sterowania predykcyjnego. Trzeba także pamiętać, że wraz ze wzrostem wysokości budynku działanie systemów różnicowania ciśnienia jest w coraz większym stopniu zależne od zjawisk fizycznych, takich jak ciąg termiczny czy rozkład ciśnienia wewnętrznego związany np. z nasłonecznieniem lub parciem wiatru. Za granicę wysokości,

powyżej której zestawy urządzeń do różnicowania ciśnienia muszą skutecznie reagować na ww. zjawiska, przyjmuje się 50 m. Znajomość tego faktu powinna mieć duży wpływ na wybór konkretnych rozwiązań technicznych. Dla budynków o znacznej wysokości dobrym rozwiązaniem jest opracowany w Polsce tzw. system przepływowy (**rys. 7**).

**dr inż. Grzegorz Kubicki**  
Politechnika Warszawska

**Literatura:** <http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4142,>  
cele-i-rozwiazania-systemow-wentylacji-pozarowej

**ZAJRZYJ NA** rynekinstalacyjny.pl

Polecamy publikacje w portalu:

- 01** Przegląd „Wentylatory”
- 02** Przegląd „Aplikacje mobilne i programy wspierające projektowanie”
- 03** Przegląd „Systemy kominowe”

promocja

## Garáže i parkingi podziemne

**Każdy garaż podziemny wielostanowiskowy powinien być wyposażony w wentylację mechaniczną sterowaną detektorami tlenku węgla (CO) i propan-butanu (LPG). Montaż systemu LPG jest obligatoryjny we wszystkich garażach, w których dopuszcza się parkowanie samochodów zasilanych gazem propan-butan.**

Konieczność stosowania systemów detekcji CO i LPG w garażach podziemnych opisana jest w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami, teks jednolity Dz.U. z 2015 r. poz. 1422):

Dział III. Rozdział 10

Garáže dla samochodów osobowych

§ 108.

1. W garażu podziemnym należy stosować wentylację:
  - 3) mechaniczną, sterowaną czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia tlenku węgla – w innych garażach, niewymienionych w pkt. 1 i 2 oraz w kanałach rewizyjnych, służących zawodowej obsłudze i naprawie samochodów bądź znajdujących się w garażach wielostanowiskowych, z zastrzeżeniem § 150 ust. 5,
  - 4) mechaniczną, sterowaną czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia gazu propan-butan – w garażach, w których dopuszcza się parkowanie samochodów zasilanych gazem propan-butan i w których poziom podłogi znajduje się poniżej poziomu terenu.

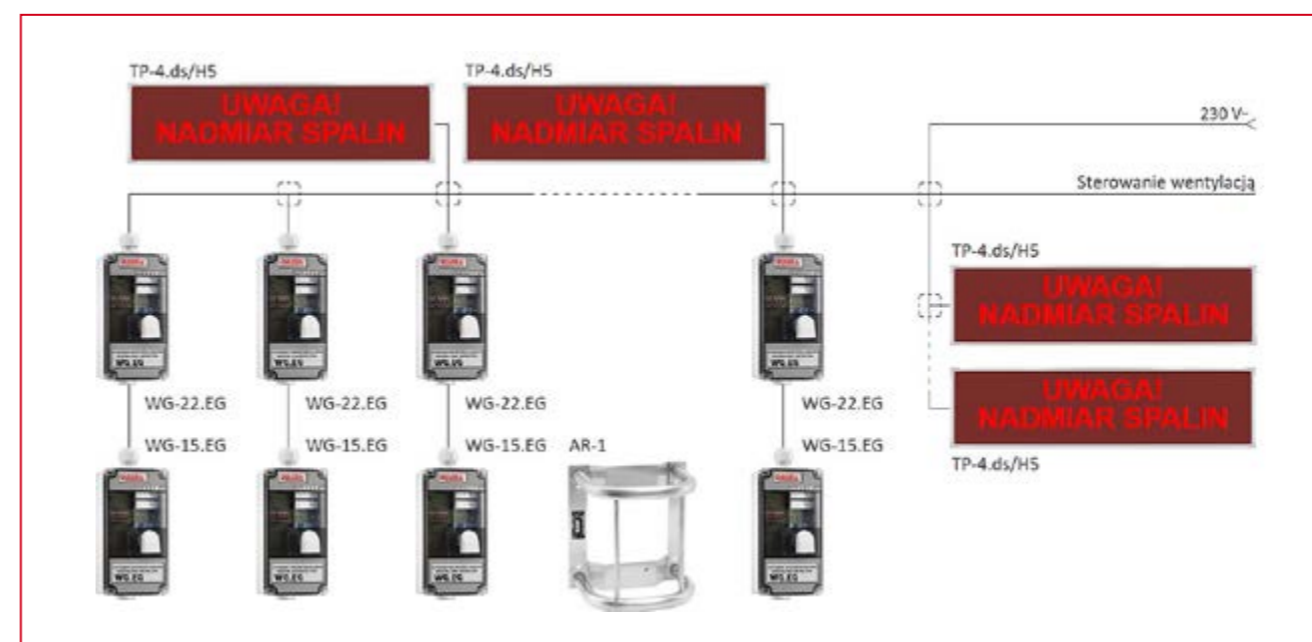
Jednym z warunków bezpiecznego użytkowania garaży podziemnych jest prawidłowo zaprojektowana i wykonana wentylacja bytowa. W zależności od przyjętego przez projektanta rozwiązania może to być system wentylacji kanałowej lub wentylacji strumieniowej. Rolą projektanta jest rozpięcie optymalnego dla danego typu obiektu scenariusza działania systemu, tak, aby zapewnić odpowiednie parametry jakości powietrza. Jednym z tych parametrów jest przekroczenie założonych stężeń CO lub LPG. Zadaniem systemu wentylacji mechanicznej jest skuteczne i szybkie przewietrzenie garażu.

Firma Gazex opracowała unikatowe w swojej prostocie i niezawodne w działaniu rozwiązanie dedykowane do garaży podziemnych – detektory serii WG.EG (detektor CO typu WG-22.EG, detektor LPG typu WG-15.EG). W systemie detekcji CO i LPG wyeliminowano centralkę jako urządzenie pośredniczące w przekazywaniu sygnału do układu sterowania wentylatora. W przypadku dużych

obiektów, system detekcji można podzielić na strefy. Każda ze stref obsługiwana jest osobnym wentylatorem lub grupą wentylatorów wyciągowych.

Aby sprostać wymogom normy PN 50545-1 Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów toksycznych i palnych w garażach oraz w tunelach, detektory WG.EG zaprojektowano jako 3-progowe. Wykrywane stężenia CO wynoszą: alarm 1 – 30 ppm, alarm 2 – 60 ppm, alarm 3 – 150 ppm. Detektory LPG również posiadają trzy progi alarmowe, wyrażone w % DGW (dolnej granicy wybuchowości): alarm 1 – 10% DGW, alarm 2 – 20% DGW, alarm 3 – 30% DGW.

Uzupełnieniem systemów detekcji są tablice ostrzegawcze LED jednostronne typu TP.4s lub dwustronne TP-4.ds. Umieszczone na nich napisy informują użytkowników garażu o potencjalnym zagrożeniu, związanym z nadmiernym stężeniem CO i LPG. Tablice mogą być umieszczone w hali garażowej wzdłuż alejek, po których poruszają się samochody, przed wejściem do garaży od strony klatek schodowych lub na zewnątrz budynku przy wjeździe od garażu. Przykładowe napisy umieszczone na tablicach ostrzegawczych: NIE WCHODZIĆ NADMIAR SPALIN (H1), OPUŚCIĆ GARAŻ NADMIAR SPALIN (H2), NIE WJEŹDŹAĆ NADMIAR SPALIN (H3), WYCIEK AUTOGAZU ZACHOWAĆ OSTROŻNOŚĆ (H4), UWAGA! NADMIAR SPALIN (H5). Tablice ostrzegawcze są elementem dodatkowym poprawiającym bezpieczeństwo użytkowania garażu podziemnego.



Rys. 1. System detekcji CO i LPG w oparciu o detektory serii WG.EG

Zarówno detektory serii WG.EG, jak i tablice ostrzegawcze TP-4 dostępne są w wersjach zasilania: 230 V, 24 V oraz 12 V.

Gęstość tlenku węgla jest zbliżona do gęstości otaczającego powietrza. Jego dyfuzja wspomagana jest przez cykliczne załączanie systemu wentylacji bytowej (przewietrzanie czasowe), ruch pojazdów, otwieranie bramy wjazdowej i drzwi od klatek schodowych. Tlenek węgla wnika do organizmu

wyłącznie przez układ oddechowy, zatem jako zalecaną wysokość montażu detektorów CO przyjęto 1,8 m nad poziomem posadzki. Nie zaleca się montażu urządzeń tuż pod stropem.

Propan-butan jest gazem blisko 2 razy cięższym od powietrza. W przypadku rozszczelnienia samochodowej instalacji gazowej będzie zalegać przy posadzce i może doprowadzić do powstania mieszaniny wybuchowej gazu z otaczającym powietrzem. Detektory LPG montuje się zatem nisko – dolna krawędź detektora maksymalnie 0,3 m nad poziomem posadzki. Standardowo detektory CO i LPG montowane są w tych samych miejscach. Detektor LPG zasilany jest bezpośrednio z zamontowanego wyżej detektora CO.

Detektory LPG, ze względu na wysokość montażu, narażone są na uszkodzenia mechaniczne. W miejscach szczególnie eksponowanych warto je wyposażyć w osłony rurowe AR-1, zabezpieczające przed bezpośrednim kontaktem ze zderzakiem samochodu.

Detektory typu WG.EG wyposażone są w wymienne moduły z sensorem półprzewodnikowym. Zintegrowany z modułem sensora filtr z węgla aktywnego zwiększa selektywność urządzenia. Ponieważ wraz z upływem czasu sensor traci swoje właściwości pomiarowe, wymaga okresowego przeprowadzenia korekty wskazań (kalibracja optymalnie co 36 miesięcy). Szacowana żywotność sensorów półprzewodnikowych to 10 lat.

W obiektach, w których istnieje konieczność monitorowania stanu pracy poszczególnych urządzeń, zastosowanie znajdują cyfrowe systemy detekcji gazów (CSDG) z detektorami adresowanymi serii DG.EN/M. Architektura systemu oparta jest o centralkę cyfrową MDD-256/T. W systemie wykorzystano protokół komunikacyjny Modbus RTU, a transmisja danych odbywa się w standardzie RS-485. Funkcjonalność modułów dodatkowych pozwala realizować skomplikowane scenariusze pracy wentylatorów strumieniowych w rozległych halach garażowych. CSDG umożliwia

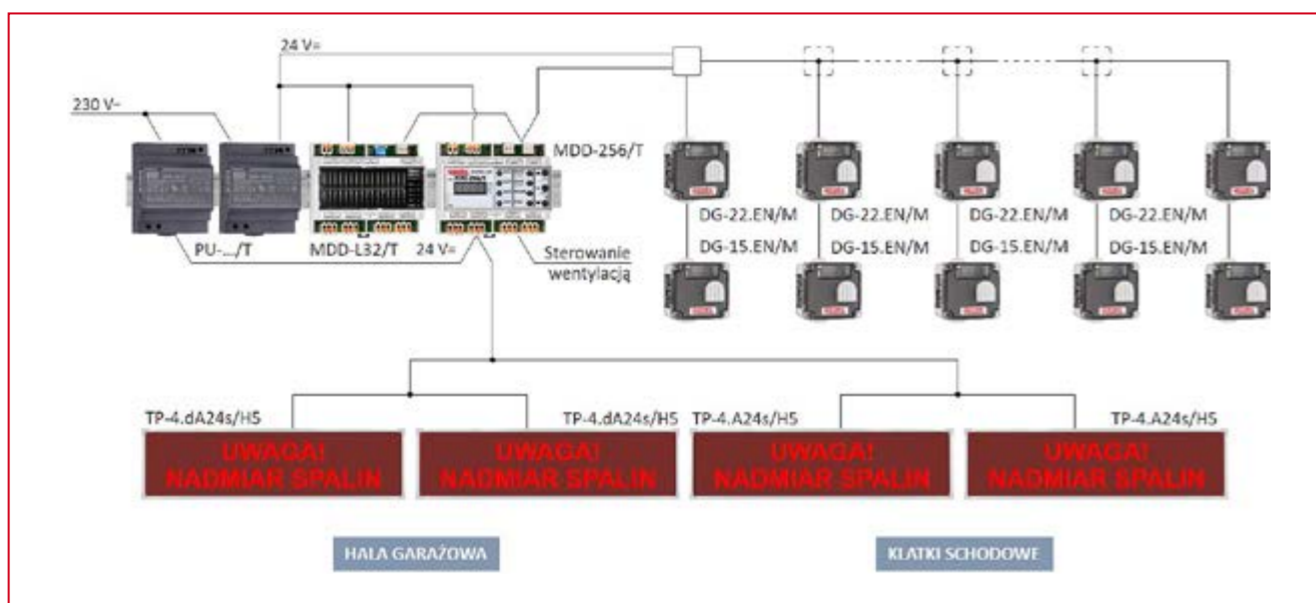
wizualizację stanów pracy poszczególnych detektorów na ekranie monitora po zainstalowaniu programu MDD256 view, dostępnego bezpłatnie na stronie gazex.pl.

Niezależnie od przyjętych rozwiązań zasadnicza funkcja systemu detekcji CO i LPG pozostaje taka sama – monitorowanie stężenia gazów i uruchomienie wentylacji mechanicznej. Podstawowa konfiguracja adresowalnego systemu detekcji CO i LPG:

- detektory serii DG.EN/M (DG-22.EN/M dla CO i DG-15.EN/M dla LPG),
- moduł sterujący MDD-256/T (możliwość podłączenia 224 detektorów w 7 strefach i 21 modułów dodatkowych),
- moduł wizualizacyjny MDD-32/T (wizualizacja pracy 32 detektorów),
- tablice ostrzegawcze jednostronne TP-4.A24s i/lub dwustronne TP-4.dA24s,
- zasilacz PU/T lub PU/TB (wraz z akumulatorem).

Detektory serii DG.EN/M również wyposażone są w wymienne moduły z sensorem półprzewodnikowym i wymagają przeprowadzania takich samych czynności konserwacyjnych, co detektory serii WG.EG.

Niezależnie od zastosowanego rozwiązania systemy detekcji CO i LPG należy cyklicznie poddawać czynnościom konserwacyjnym. Tylko regularnie wykonywane czynności serwisowe gwarantują bezpieczeństwo i komfort użytkowania obiektów.



Rys. 2. Cyfrowy system detekcji CO i LPG

GAZEX SP. Z O.O.  
02-867 Warszawa, ul. Baletowa 16  
tel. 22 644 25 11, faks 22 641 23 11  
gazex@gazex.pl, www.gazex.pl



## Warunki skuteczności funkcjonowania systemów wentylacji pożarowej

**O skuteczności systemu wentylacji pożarowej decyduje szereg czynników, w tym właściwie dobrany dla konkretnego obiektu system wentylacji pożarowej i jego wydajność, zastosowanie do budowy elementów kompatybilnych i certyfikowanych, a także regularne serwisowanie i przeprowadzanie prób funkcjonowania w różnych warunkach otoczenia.**

Systemy wentylacji pożarowej stanowią ważny element zabezpieczenia budynku, a ich rola i zadania zostały określone w krajowych przepisach o ochronie przeciwpożarowej [1] oraz warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2].

Problem z tymi systemami polega jednak na tym, że mogą one wykazać swoją przydatność dopiero podczas statystycznie mało prawdopodobnego pożaru. Wentylacja pożarowa jest więc traktowana przez inwestorów jako zło konieczne, co często negatywnie odbija się na jakości projektu i wykonania. Warto jednak pamiętać, że wadliwe funkcjonowanie omawianej instalacji podczas obowiązkowych corocznych prób działania może być uznane za stan zagrażający życiu i skutkować cofnięciem pozwolenia na użytkowanie obiektu. Brak nadzoru lub negatywne wyniki prób mogą być również w przypadku późniejszego rzeczywistego pożaru przyczyną odmowy wypłaty lub ograniczenia wielkości odszkodowania. Chociażby z tych powodów system wentylacji pożarowej powinien być wykonany i nadzorowany z dużą dbałością o zachowanie jego oczekiwanej skuteczności. W artykule opisane zostały wybrane aspekty procesu projektowania i nadzoru nad stanem instalacji wentylacji pożarowej pozwalające na uzyskanie zakładanej skuteczności całego systemu.

## Warunki skuteczności systemów wentylacji pożarowej

O skuteczności lub efektywności systemu wentylacji pożarowej można mówić, jeżeli w dowolnym przedziale czasu od momentu oddania budynku do użytkowania będzie on w stanie spełnić założenia projektowe. Taka definicja oznacza w praktyce, że skuteczność systemów jest funkcją wielu zmiennych.

Najważniejsze są tu jednak dwa aspekty:

1. właściwie dobrany dla konkretnego obiektu system wentylacji pożarowej,
2. właściwy nadzór nad jego funkcjonowaniem i stanem budynku.

## Właściwy dobór systemu

Proces doboru i projektowania przeznaczonego dla konkretnego budynku systemu wentylacji pożarowej powinien być realizowany w następującej kolejności:

**1. Opracowanie „w toku wzajemnej współpracy projektanta z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych” [3] koncepcji działania systemu.**

Koncepcja powinna zawierać podstawowe informacje o obiekcie dotyczące wynikających z przepisów minimalnych wymagań bezpieczeństwa pożarowego (klasyfikacja pożarowa obiektu, wymagany podział na strefy pożarowe, sposób wydzielenia i zabezpieczenia dróg ewakuacji, rodzaj systemu wentylacji pożarowej, minimalne wymagania dla urządzeń wchodzących w jego skład itd.). Co ważne, koncepcja musi zostać wykonana w oparciu o dobre rozpoznanie budynku. Żaden system wentylacji pożarowej, nawet przy najlepszym projekcie i zastosowaniu sprawdzonych urządzeń o potwierdzonej najwyższej skuteczności, nie ma szans działania, jeżeli realnie nie zostaną spełnione wymagania dotyczące np. wydzielenia dróg ewakuacji lub stref pożarowych. Na przykład w obiektach wielokondygnacyjnych, w których planuje się zastosowanie urządzeń służących oddymianiu lub zapobieganiu zadymieniu, oznacza to konieczność obudowania i oddzielenia tych przestrzeni od poziomych dróg ewakuacji drzwiami pożarowymi gwarantującymi możliwość do zdefiniowania poziom szczelności. Drzwi te podczas całego okresu eksploatacji budynku muszą się znajdować w stanie umożliwiającym ich przejście do pozycji zamkniętej w razie pożaru (nie mogą być trwale blokowane lub mieć uszkodzonych samozamykaczy). W wielu obiektach realizację tego warunku uniemożliwiają zachowania użytkowników, którzy za pomocą różnych środków (koszów, klinów z papieru, gaśnic itp.) blokują drzwi pożarowe w pozycji otwartej (fot. 1). Działanie takie całkowicie niweczy skuteczność działania jakiegokolwiek instalacji zabezpieczenia dróg ewakuacji przed zadymieniem.

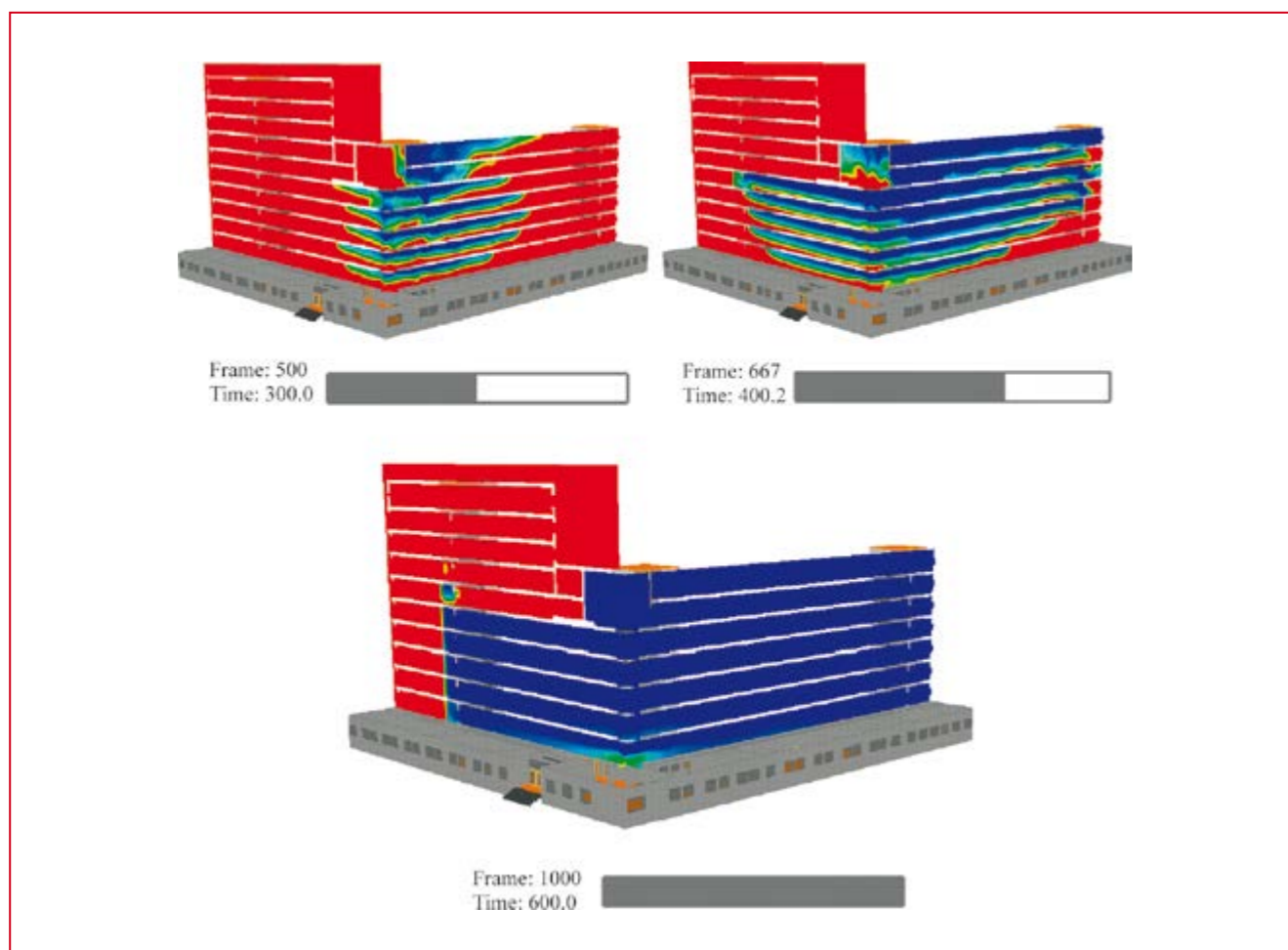
Spełnienie warunku ochrony dróg ewakuacji przed zadymieniem zależy również od szczelności poszczególnych kondygnacji, o ile stanowią one granicę strefy pożarowej (jest to standard w budynkach wysokich). Jednak wiele, zwłaszcza starszych budynków ma kondygnacje połączone wolnymi przestrzeniami (np. niezabezpieczonymi



Fot. 1. Przykłady blokowania drzwi pożarowych

szachtami lub przejściami instalacyjnymi), przez które dym i gazy pożarowe są w stanie bardzo szybko przedostać się na kondygnacje znajdujące się powyżej miejsca powstania pożaru. Prowadzi to w bardzo krótkim czasie do zadymienia nawet odległych przestrzeni budynku. W takim przypadku to właśnie użytkownicy kondygnacji położonych powyżej źródła pożaru są najbardziej narażeni na bardzo niebezpieczny kontakt z toksycznymi produktami spalania, które nie unoszą się w przestrzeni podstropowej, jak na kondygnacji objętej pożarem, lecz wypełniają piętro od poziomu podłogi. Przykładem takiej właśnie sytuacji są ilustracje symulacji wykonanych dla jednego z budynków Politechniki Warszawskiej (rys. 1), gdzie brakuje wydzielenia stref pożarowych. Jeżeli omawiany problem występuje, pierwszym etapem modernizacji obiektu powinno być przywrócenie lub wykonanie szczelnego (na poziomie wartości normatywnych) oddzielenia stref pożarowych.

Na etapie tworzenia koncepcji rozwiązań projektowych niezbędna jest właściwa ocena realnego poziomu zagrożenia i związanego z tym algorytmu działania instalacji wentylacji pożarowej. Konieczna jest jednoznaczna deklaracja administratora obiektu, jaki rodzaj działalności będzie w nim prowadzony i w jaki sposób wykorzystana zostanie przestrzeń użytkowa. Jest to szczególnie ważne w przypadku takich obiektów, jak galerie handlowe, hale sportowe, centra logistyczne,



Rys. 1. Przykład rozplywu dymu w budynku przy braku skutecznego wydzielenia stref pożarowych Rys. M. Skalich

wielokondygnacyjne budynki zawierające pomieszczenia o różnym przeznaczeniu (np. laboratoria, pomieszczenia produkcyjne i techniczne) oraz inne nietypowe obiekty.

Dla zilustrowania problemu posłużyć się można przykładem Auli Głównej Politechniki Warszawskiej [6]. Przy opracowywaniu koncepcji systemu wentylacji pożarowej przeanalizowane zostały różne potencjalne źródła zagrożenia pożarowego. Podczas normalnego funkcjonowania kamienny i pusty dziedziniec wewnętrzny jest praktycznie z takiego zagrożenia wyłączony. Unikalny charakter Auli sprawia jednak, że przestrzeń ta jest nawet kilka razy w miesiącu udostępniana na imprezy o różnym charakterze, takie jak wystawy, imprezy gastronomiczne, pokazy, plany zdjęciowe, wiece wyborcze itd. W tej sytuacji liczyć się należy z rzeczywistym zagrożeniem pożarowym, a biorąc pod uwagę realny scenariusz zapalenia się wyposażenia scenicznego, potencjalna moc pożaru sięgając może nawet 12 MW.

Podobna sytuacja dotyczy np. hal sportowych, których właściciele przewidują również organizację imprez o innym charakterze (wystawy, kiermasze, występy sceniczne itd.). Także w tym przypadku obliczeniowa moc pożaru będzie się wahać od około dwóch do kilkunastu MW. W każdym przypadku instalacja oddymiania musi zapewnić osiągnięcie celów projektowych, i to zarówno maksymalnej, jak i minimalnej mocy pożaru. Weryfikacja skuteczności instalacji w obu przypadkach jest konieczna chociażby z tej przyczyny, że niska moc pożaru poważnie ogranicza opartą na stratyfikacji termicznej skuteczność systemu oddymiania grawitacyjnego. Nie można dopuścić do sytuacji, że zbyt mała efektywność oddymiania spowoduje utrzymywanie się dymu np. w najwyższych położonych kondygnacjach atrium lub rzędach trybun obiektu sportowego. Przy dużej mocy pożaru warunki dla działania instalacji oddymiania grawitacyjnego będą najlepsze, jednocześnie jednak wyższa będzie podstropowa temperatura dymu. Utrzymanie określonej wartości temperatury może okazać się kluczowe dla wyboru metody oddymiania, np. ze względu na zachowanie nośności konstrukcji obiektu lub, jak miało to miejsce w Auli Głównej PW, zagrożenie plafonu dekoracyjnego.

**2. Wybór optymalnego systemu dla konkretnego budynku.** Przyjęte rozwiązania techniczne muszą być dostosowane do charakteru obiektu i układu dróg ewakuacji. Dobór rozwiązań technicznych powinien się opierać na opisanej powyżej koncepcji ochrony dróg ewakuacji, uwzględniającej specyfikę architektury wewnętrznej budynku (m.in. układ organizacyjny pięter, przebieg drogi ewakuacyjnej na zewnątrz budynku itd.), miejsce dla lokalizacji systemów napowietrzania oraz sposób organizacji odbioru powietrza i dymu. Zasady wyboru optymalnego systemu wentylacji pożarowej dla różnego typu budynków zostały szerzej opisane w artykule w nr. 11/2016 RI [6].

**3. Opracowanie scenariusza pożarowego.** Scenariusz pożarowy stanowić powinien bezpośrednią podstawę do wykonania projektu technicznego. Niedawno znowelizowane przepisy dotyczące zasad uzgadniania projektu po kątem ochrony przeciwpożarowej [3] doprecyzowują, że chodzi tu o opis sekwencji możliwych zdarzeń w czasie pożaru, reprezentatywnego dla danego

miejsca jego wystąpienia lub obszaru oddziaływania, w szczególności dla strefy pożarowej lub strefy dymowej. Scenariusz musi uwzględnić funkcjonowanie wszystkich znajdujących się w obiekcie urządzeń, technicznych środków zabezpieczenia ppoż. i innych instalacji oraz **ich współdziałanie i oddziaływanie na siebie**. Zawierać musi rozwiązania organizacyjne niezbędne do właściwego funkcjonowania projektowanych zabezpieczeń.

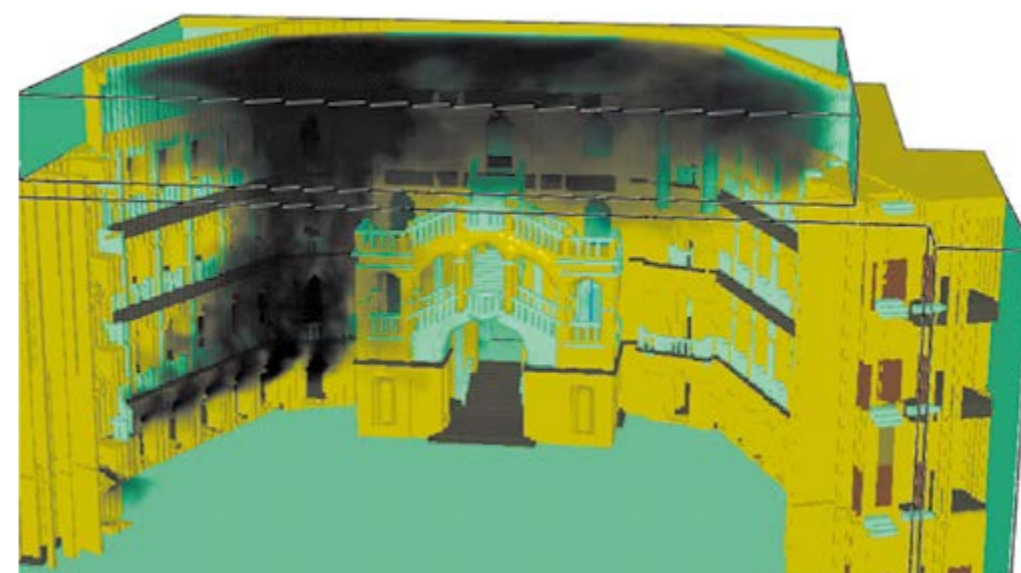
**4. Wykonanie projektu technicznego** (m.in. dobór wielkości i rozmieszczenie urządzeń wykonawczych systemu, projekt systemu sterowania i zasilania itd.) przy wykorzystaniu najwłaściwszej dla konkretnego obiektu metody projektowej. Podczas projektowania różnych systemów wentylacji pożarowej mamy do czynienia z poważnym problemem związanym z brakiem jednolitych obligatoryjnych standardów projektowych. W tej sytuacji powszechną praktyką jest wykorzystywanie do określenia wielkości i sposobu współdziałania z innymi urządzeniami ochrony przeciwpożarowej tzw. zasad wiedzy technicznej, zawartych w standardach projektowych różnych krajów, opartych na wynikach badań naukowych, lub tzw. rozwiązań inżynierskich. Tak duża dowolność pozwala wprawdzie zoptymalizować system pod kątem oczekiwań inwestora (czyli wykonać go jak najmniejszym kosztem), często jednak istotnie wpływa na jego faktyczną skuteczność. Oto kilka przykładów:

*Problem wyboru najwygodniejszego sposobu obliczania instalacji.* Częstym przypadkiem jest wybieranie przez projektantów znanej im od lat lub obliczeniowo najłatwiejszej metody projektowej, która nie uwzględnia aktualnego stanu wiedzy, jest za to bardzo prosta rachunkowo. Przykładem mogą być projekty systemów zapobiegania zadymieniu opracowane wg Instrukcji ITB nr 378 (obecnie wciąż tak wykonywanych jest 20–30% projektów). Co smutne, metoda ta wykorzystywana jest literalnie (z utrzymaniem dawno już niestosowanego 30-proc. nadatku usuwanego powietrza), nawet w przypadku gdy układ komunikacji wewnętrznej nie pozwala na jej zastosowanie (np. dla klatek schodowych nieoddzielonych od korytarzy przedsiionkami przeciwpożarowymi lub kondygnacji budynku z klatek schodowych z przedsiionkami prowadzącymi do przestrzeni open-space). Zdarzają się nawet przypadki sztucznego dostosowania architektury budynku do wymagań instrukcji (zmienia się np. nazwę fragmentu korytarza na przedsiionek ppoż. lub wydziela fragment przestrzeni na potrzeby korytarza ewakuacyjnego).

*Problem poszukiwania metody projektowej ograniczającej wielkość instalacji bez uwzględnienia specyfiki obiektu.* Jest to powszechnie występujące zjawisko przy doborze wielkości oddymiania obiektów wielokubaturowych i garaży zamkniętych, gdy promowane są przez zamawiającego rozwiązania najtańsze inwestycyjnie. Na realizację kontraktu liczyć może więc tylko ten wykonawca, który zaproponuje instalację najmniejszą i najprostszą z możliwych do zastosowania. Oznacza to konieczność zastosowania metody obliczeniowej gwarantującej nie tyle dobór najkorzystniejszej pod względem efektywności systemu wielkości instalacji, ile tej o najmniejszej wydajności. Rzadko w takim przypadku rozwiązania przedłożone do realizacji poparte są wiarygodnymi symulacjami

numerycznymi lub wynikami prób odbiorowych. Chociaż nie mówi się o tym oficjalnie, celem projektanta jest opracowanie systemu wentylacji pożarowej jedynie formalnie spełniającego wymagania prawne, pozwalające na uzyskanie złagodzeń (zwiększenie wielkości strefy pożarowej, obniżenie klasy odporności pożarowej budynku itd.) lub korzystniejsze ubezpieczenie obiektu.

*Problem literalnego trzymania się wielkości instalacji wyliczonej wyłącznie na podstawie zastosowanego standardu projektowego.* Problem ten wynika często z bardzo ogólnych zapisów standardów oraz narzucanych i bezkrytycznie przyjmowanych przez projektantów metod obliczeniowych. Metody nie zawsze przystają do indywidualnej specyfiki konkretnego obiektu, w którym możliwe jest faktyczne spełnienie celu działania systemu przy ograniczonej w stosunku do prostych obliczeń wydajności. Po raz kolejny autor odwoła się tu do przykładu instalacji oddymiania pożarowego Auli Głównej PW. Wydajność systemu oddymiania dobrana po gruntownej analizie wykorzystującej narzędzia numeryczne była kilkakrotnie niższa od wynikającej bezpośrednio z obliczeń standardu NFPA 92 i BS (**rys. 2**). W tym przypadku, uwzględniając realne warunki i czas ewakuacji, wzięto pod uwagę stopniowy przyrost mocy pożaru (przy symulowanym pożarze rozwijającym się) i związane z tym stopniowe przyrastanie strumienia objętościowego dymu napływającego do zbiornika dymu. Uznano, że walidowany model numeryczny uwzględniający rzeczywisty czas zadziałania instalacji i stopniowy przyrost strumienia dymu lepiej opisuje rzeczywisty poziom zagrożenia i spełnienie założeń funkcjonowania systemu oddymiania niż same obliczenia. Istotne znaczenie ma tu pełne odwzorowanie nietypowej geometrii samego obiektu i rzeczywistego obrazu rozwoju pożaru. Jeżeli czas ewakuacji 3. piętra (przy uwzględnieniu spowolnienia wynikającego z zatorów) wynosi 340 s,



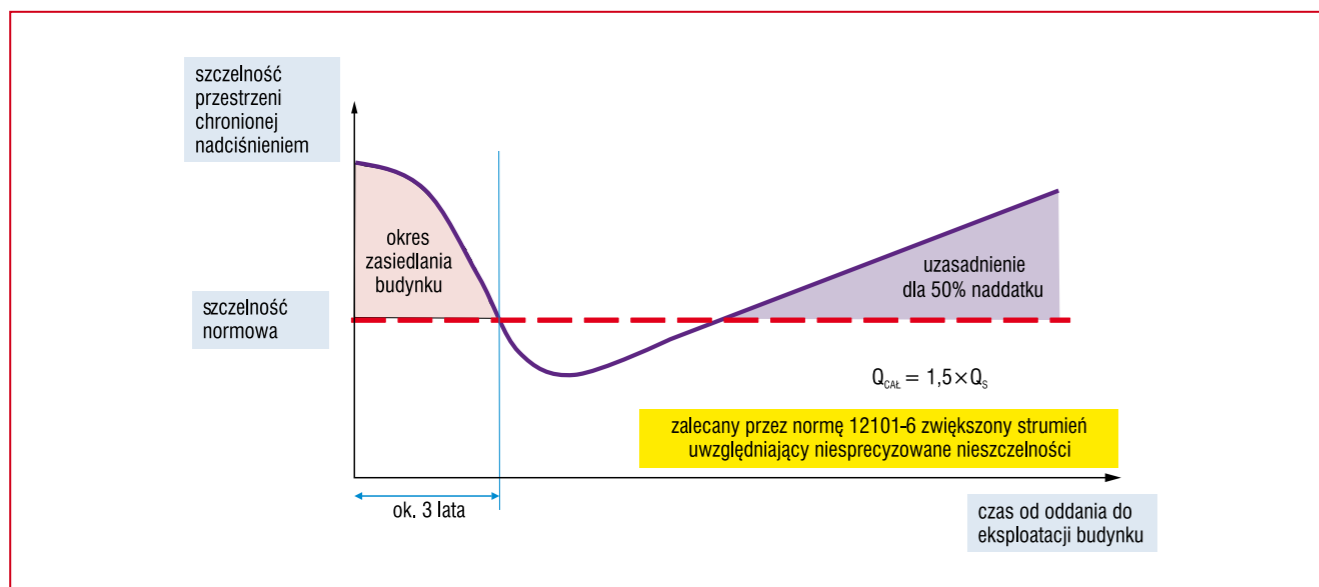
**Rys. 2.** Przykładowa symulacja skuteczności instalacji oddymiania dla pożaru w pomieszczeniu przyległym do Auli Głównej PW po 400 s od inicjacji pożaru  
Autor: Tomasz Burdzy



to obserwowane w symulacjach, spowolnione działaniem zaprojektowanej instalacji wyciągowej o wydajności 300 tys. m<sup>3</sup>/h opadnięcie dymu do poziomu kruzganków piętra +3 lub nawet +2 w 10. minucie pożaru można uznać za akceptowalne. Przyjęcie do określenia wielkości instalacji prostych obliczeń opartych np. na normie brytyjskiej BS 7346-4:2003 i osiągnięcie tego samego efektu skutkowałoby koniecznością wykonania instalacji o wydajności bliskiej 1 mln m<sup>3</sup>/h. W warunkach auli jest to technicznie niewykonalne, a ponadto w świetle opisanych powyżej założeń praktycznie zupełnie nieuzasadnione.

**Problem braku standardów projektowych.** Niektóre z rozwiązań systemów wentylacji pożarowej nie są opisane żadnymi standardami projektowymi, a mimo to stosowane w obiektach. Skuteczność takich instalacji jest oczywiście uzależniona od „wyczucia” projektanta, ale w żaden sposób nie gwarantowana. Przykładem są tu chociażby mechaniczne systemy oddymiania klatek schodowych. Obecnie finalizowane są prace, oparte na wynikach projektu badawczego pt. „Bezpieczna ewakuacja”, nad wytycznymi technicznymi CNBOP PIB dotyczącymi m.in. zasad projektowania systemów oddymiania wspomaganych zmiennym nawiewem mechanicznym. Wytyczne mają zostać ogłoszone na początku 2017 r.

**Problem właściwych założeń do projektu.** Projektując wielkość instalacji wentylacji pożarowej wg funkcjonujących standardów, konieczne jest przyjmowanie realnych założeń początkowych. Przykładowo dla obliczeń systemów różnicowania ciśnienia, ilości powietrza koniecznej do wytworzenia odpowiedniego poziomu nadciśnienia w przestrzeniach chronionych, należy uwzględnić fakt, że wielkość nieszczelności zmienia się w trakcie eksploatacji budynku, np. wraz ze zmianą aranżacji na różnych kondygnacjach. Badania prowadzone w nowo powstałych budynkach użytkowych wskazują, że przewidziany w normie europejskiej poziom szczelności osiąga się po ok. 3 latach



Rys. 3. Zmiany poziomu szczelności budynku w funkcji czasu eksploatacji

eksploatacji budynku. Zmiany w stanie szczelności budynku wynikające z obserwacji praktycznych zilustrowane zostały na **rys. 3**. Dobrane urządzenia nawiewu pożarowego muszą w związku z tym zostać zaprojektowane z pewnym nadciśnieniem wydajności w stosunku do obliczeń normatywnych. Znamienny jest tu zapis normy PN-EN 12101-6 [8]: *podstawą jest, że architekt/wykonawca powinien być świadomy znaczenia kontrolowania powierzchni nieszczelności, tak aby po zainstalowaniu nie występowały nadmierne straty powietrza podwyższającego ciśnienie.*

## Wykonanie i nadzór nad stanem systemu wentylacji pożarowej

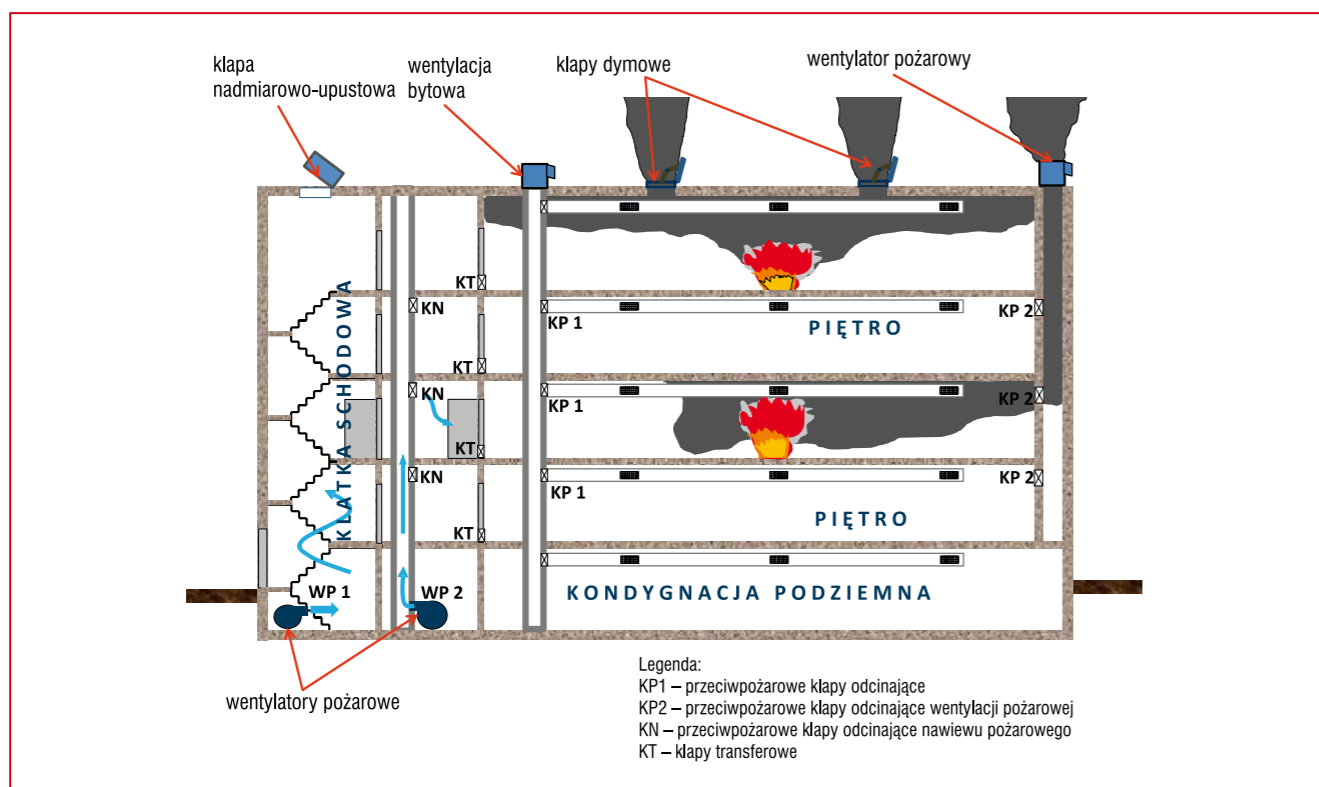
Wybór i zaprojektowanie odpowiedniego systemu w oparciu o dobrze sporządzoną koncepcję i założenia scenariusza pożarowego mogą okazać się niewystarczające dla uzyskania zamierzonej skuteczności działania w czasie pożaru, jeżeli urządzenia wchodzące w jego skład nie będą miały odpowiedniej trwałości i/lub nie będą właściwie nadzorowane.

## Wymagania dla elementów systemu

Podstawą do uznania całego systemu wentylacji pożarowej za bezpieczny i trwały jest zbudowanie go w całości z w pełni kompatybilnych elementów, których funkcjonalność, odporność i niezawodność potwierdzona została w procesie certyfikacji. Podkreślić trzeba, że certyfikacja powinna dotyczyć wszystkich podzespołów takiego układu, co w praktyce nie zawsze jest realizowane. Proces certyfikacji oraz zakres urządzeń mu podlegających regulowany jest przez prawo unijne (rozporządzenie UE nr 305 [9]) oraz obligatoryjne na terenie RP przepisy krajowe. Zasady wprowadzenia do użytkowania wyrobów służących ochronie ppoż. w Polsce reguluje ustawa o ochronie przeciwpożarowej [1], a szczegółowe regulacje zawarte są w rozporządzeniu w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia [4]. Przykładowe urządzenia podlegające procesowi certyfikacji w systemach różnicowania ciśnienia przedstawiono na **rys. 4**. Listę uzupełniają elementy automatycznego sterowania i zasilania, pomiarowe oraz kable zasilania i sterowania.

Proces certyfikacji musi być zgodny ze zharmonizowanymi normami europejskimi i opierać się na wynikach testów gwarantujących, że badany element systemu wentylacji pożarowej po długim czasie funkcjonowania w budynku (zakładającym okresowe próby, fałszywe alarmy i zmiany związane z kalibracją układu) zadziała zgodnie ze swoim przeznaczeniem w warunkach pożaru. Certyfikacja często niesłusznie kojarzy się z próbami ogniowymi. Tymczasem tego typu próby dotyczą tylko tych elementów całego systemu, które muszą mieć odporność ogniową potwierdzoną oznaczeniem EI. Zakres badań w ramach certyfikacji jest jednak znacznie szerszy. Przykładowo sprawdza

się spełnienie wymagań dynamiczno-hydraulicznych (określają np. czas otwarcia/zamknięcia urządzenia, osiągnięcia zadanego wydatku, zadanych parametrów ciśnienia itd.), spełnienie wymagań funkcjonalności, niezawodności i trwałości (cykl uruchomienia/zamknięcia, np. 10 000 razy), spełnienie wymagania w zakresie elektrostatyczności i warunków środowiskowych (m.in. odporność



Rys. 4. Elementy wykonawcze systemów wentylacji pożarowej podlegające certyfikacji

na zimne (-25°C) i gorące (40°C), suche i wilgotne otoczenie, wytrzymałość na wibracje, odporność na zaniki napięcia, wyładowania elektrostatyczne i oddziaływanie pola elektromagnetycznego itd.) i wiele innych. Dodatkowym niezbędnym dokumentem potwierdzającym jakość urządzenia musi być certyfikat zgodności stwierdzający, że sposób wykonania elementu lub urządzenia w zakładzie produkcyjnym gwarantuje utrzymanie jakości i spełnienie wymagań opisanych w aprobacie technicznej lub świadectwie wykonania.

## Wymagania dla nadzoru

Niezbędnym wymaganiem dla utrzymania wymaganej skuteczności systemu wentylacji pożarowej jest regularne serwisowanie i nadzorowanie stanu instalacji przez przeszkolony personel. Zadaniem projektanta i wykonawcy systemu jest dostarczenie administracji obiektu listy urządzeń podlegających kontroli oraz sporządzenie procedury kontrolnej. Pełne próby działania systemu powinny się odbywać co najmniej raz w roku, ale mogą być konieczne częstsze próby częściowe. Przykładowo

norma PN-EN 12101-6 [8] zaleca sprawdzenie działania wentylatorów napowietrzania i odbioru powietrza i dymu oraz awaryjnego źródła zasilania, odpowiednio w cyklu cotygodniowym i co-miesięcznym. Nowoczesny system automatyki sterującej oferowany przez niektórych dostawców zestawów urządzeń do różnicowania ciśnienia ma funkcję stałych testów diagnozujących (wykonywanych w sposób automatyczny). Kilkuminutowe testy diagnozujące w żaden sposób nie wpływają na funkcjonowanie obiektu, a stanowią stałe potwierdzenie gotowości systemu.

dr inż. Grzegorz Kubicki  
Politechnika Warszawska

**Literatura:** [http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4153, warunki-skuteczności-funkcjonowania-systemów-wentylacji-pożarowej](http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4153,warunki-skuteczności-funkcjonowania-systemów-wentylacji-pożarowej)



## Selektywnie czy tanio? Podstawowe zasady punktowej detekcji i pomiaru gazów toksycznych i wybuchowych

**Podstawowym elementem dowolnego systemu detekcji gazów toksycznych i wybuchowych jest detektor wyposażony w specjalizowany czujnik gazu. Wśród istniejących na rynku czujników można wyróżnić dwie główne grupy. Są to sensory selektywne i nieselektywne. Cecha ta ściśle zależy od zastosowanej metody pomiaru gazu. Jako czujniki selektywne wykorzystuje się obecnie najczęściej elementy elektrochemiczne lub pracujące na zasadzie absorpcji światła w zakresie fal podczerwonych. Grupę nieselektywną tworzą czujniki, gdzie elementem bezpośredniej detekcji gazu jest półprzewodnik.**

Zapewnienie właściwego systemu detekcji gazów w danym obiekcie nie oznacza tylko instalacji detektorów i urządzeń uzupełniających (np. central, sterowników zaworów itp.). Właściwy system to pojęcie bardzo szerokie obejmujące m.in. prawidłowe wyznaczenie punktów montażu detektorów, sposobu jego komunikacji z urządzeniem nadrzędnym, algorytm sterowania z ewentualnym podziałem na strefy, ale przede wszystkim dobór detektora ze względu na zastosowany czujnik. Punkt montażu detektora oznacza jego umieszczenie w miejscu, gdzie nie tylko może nastąpić ewentualny wyciek gazu, lecz także równie ważne są jego własności fizykochemiczne. Poza parametrami gazu m.in. takimi, jak gęstość czy temperatura niezwykle istotna jest także zdolność do tworzenia obłoków, **która całkowicie uniemożliwia stosowanie tzw. zasady promienia zasięgu działania detektora**, szczególnie z racji dyfuzyjnej metody pomiaru, na której bazuje większość detektorów.

Dobór detektorów ze względu na zastosowany czujnik determinuje w najwyższym stopniu jakość systemu, nawet przy prawidłowo rozmieszczonych elementach. Jak wspomniano na wstępie artykułu, do dyspozycji są czujniki selektywne i nieselektywne. Dla wykrywania gazów takich, jak np. tlenek węgla stosowanie **tanich detektorów, opartych na nieselektywnych czujnikach półprzewodnikowych powoduje degradację całości systemu**. Dotyczy ona zgłaszania **falszywych alarmów** powodujących nieuzasadnione wyłączenia obiektu z ruchu, np. blokadę funkcjonowania garażu lub przerwanie procesów produkcyjnych. Kolejnym skutkiem degradacji systemu przez



zastosowanie tanich czujników półprzewodnikowych jest znaczne zwiększenie poboru prądu, co przy zainstalowaniu kilkudziesięciu, a często kilkuset, detektorów powoduje straty energii elektrycznej. Użycie selektywnych detektorów, gdzie wykryciu podlega tylko właściwy gaz, skutkuje uzyskaniem trudnych do przecenienia korzyści.

Firma P.W. PRO-SERVICE SP. Z O.O., znając dogłębnie problematykę detekcji gazów toksycznych i wybuchowych, przygotowała bogatą paletę urządzeń zaspokajających potrzeby użytkowników w zakresie skutecznej ochrony przed zagrożeniami gazowymi poprzez zastosowanie detektorów z sensorami o charakterystyce selektywnej. Sztandarowym przykładem takiego urządzenia w odniesieniu do **obiektów garażowych** jest **dwugazowy detektor DUOmaster CO/LPG**, produkowany przez P.W. PRO-SERVICE SP. Z O.O. Zastosowany tam czujnik CO jest sensorem elektrochemicznym, selektywnym, a jednocześnie o bardzo długiej żywotności, dochodzącej do 10 lat. P.W. PRO-SERVICE SP. Z O.O. był pierwszą firmą w Europie, która opracowała dwugazowy detektor o budowie wymuszającej jego prawidłowy montaż przy instalacji. W ofercie jest również **trójgazowy detektor** o nazwie **Tmaster**. W tej konstrukcji również konsekwentnie zastosowano selektywny czujnik trzeciego gazu, jakim może być np. NO<sub>2</sub>.

Koszt systemu to kalkulacja zakupu i jego eksploatacja, lecz także komfort oraz przede wszystkim bezpieczeństwo. Podsumowując, okazuje się, że wybór selektywnego systemu jest wyborem najbardziej właściwym i to także w wymiarze ekonomicznym.



## Trójgazowy Detektor „Tmaster CO/LPG/CNG G”

Trójgazowy Detektor „Tmaster CO/LPG/CNG G” przeznaczony jest do stosowania w stacjonarnych systemach detekcji tlenu węgla (CO), propanu-butanu (LPG) oraz metanu CH<sub>4</sub> (CNG), w garażach, parkingach podziemnych i stacjach diagnostycznych pojazdów. Pomiar stężenia gazu jest wykonywany w oparciu o selektywne sensory elektrochemiczne (CO) i nieselektywne sensory półprzewodnikowe (LPG, CNG). Detektor jest przeznaczony do współpracy z typowymi centralkami alarmowymi lub sterownikami przemysłowymi. Standardowe zasilanie zawiera się w granicach od 9 V do 28 V DC. Składa się z trzech modułów: głównego (CNG), modułu CO i modułu LPG połączonych kablami.

Wersje:

- **Tmaster CO/LPG/CNG G/EPP/D** – czujnik CO elektrochemiczny, czujnik LPG półprzewodnikowy, czujnik CNG półprzewodnikowy, wyjścia alarmowe A1/A2 (typ NC lub NO).
- **Tmaster CO/LPG/CNG G/EPP/S** – czujnik CO elektrochemiczny, czujnik LPG półprzewodnikowy, czujnik CNG półprzewodnikowy, wyjście prądowe 4...20 mA lub 4/8/12 mA.
- **Tmaster CO/LPG/CNG G/EPP/RS485** – czujnik CO elektrochemiczny, czujnik LPG półprzewodnikowy, czujnik CNG półprzewodnikowy, wyjście RS485 z protokołem Modbus RTU.

W krótkim artykule nie sposób ująć wszystkich aspektów i możliwości rozwiązywania problemów detekcji gazów. Dlatego firma P.W. PRO-SERVICE SP. Z O.O. udziela bezpłatnych, indywidualnych szkoleń oraz konsultacji.



Leszek Muszyński

## WIELOPUNKTOWY I WIELOGAZOWY SYSTEM DETEKcji CO/LPG... NO<sub>2</sub>... W GARAŻACH I PARKINGACH PODZIEMNYCH

### JEŚLI MUSISZ STOSUJ ORYGINALNE



### Uwaga!

Wielogazowe, stacjonarne detektory gazów oraz połączenie dwóch modułów urządzenia to wyjątkowe i chronione know-how firmy Pro-Service



Przedsiębiorstwo Wdrożeniowe Pro-Service© Sp. z o.o.  
Os. Złotej Jesieni 4, 31-826 Kraków, Tel. 12 425 90 90  
[www.alarmgaz.com](http://www.alarmgaz.com)



Tylko teraz  
roczny dostęp  
do wszystkich treści płatnych

98 zł

PRO-SERVICE SP. Z O.O.  
31-826 Kraków, ul. os. Złotej Jesieni 4  
tel./faks 12 686 07 10  
pro@alarmgas.com, www.pro-service.com.pl



[wydawniczy.pl/rynek-instalacyjny/36-dostep-roczny.html](http://wydawniczy.pl/rynek-instalacyjny/36-dostep-roczny.html)

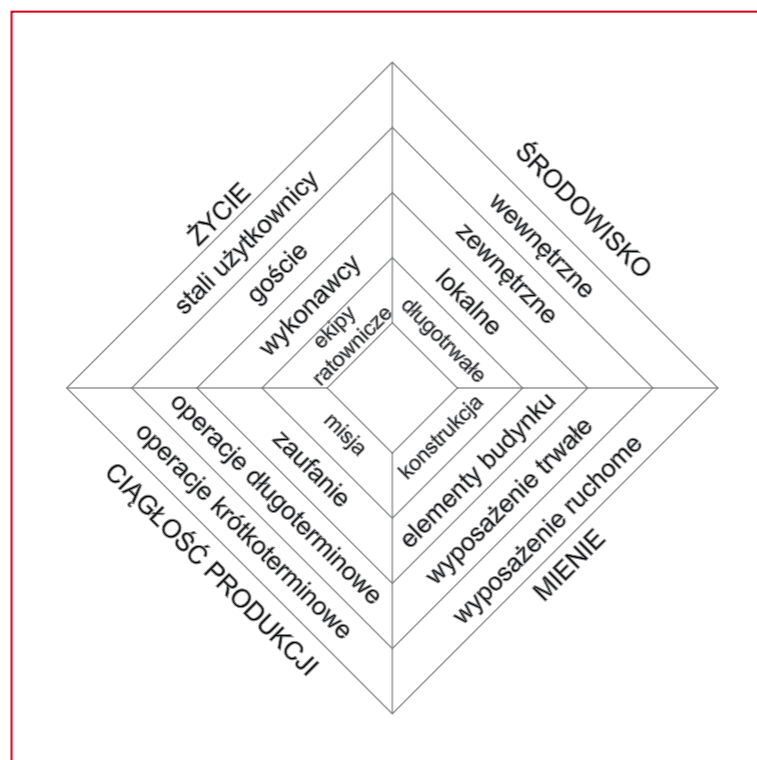
## Strategie ochrony przeciwpożarowej budynków

**W marcu br. ukazała się na polskim rynku nowa pozycja literaturowa poświęcona ochronie przeciwpożarowej budynków pt. „Strategie ochrony przeciwpożarowej budynków”. Przedstawia ona nieco odmienny od zwyczajowego punkt widzenia tej problematyki. W artykule omówiono szczegóły proponowanej przez autorów metody oceny poziomu bezpieczeństwa pożarowego budynków.**

Inżynierskie podejście do projektowania zabezpieczeń przeciwpożarowych zapoczątkowane zostało na świecie w latach 70. XX wieku. Pierwsze próby jego zastosowania w Polsce pojawiły się około roku dwutysięcznego i do dziś ten kierunek jest intensywnie rozwijany, a obecnie stajemy przed kolejnymi wyzwaniami.

Książka „Strategie ochrony przeciwpożarowej budynków” [1] jest propozycją kroku naprzód, przede wszystkim w zakresie uporządkowania zasad stosowania narzędzi inżynierii pożarowej poprzez określenie ujednoczonych wymagań i standardów. Zaproponowana forma tworzenia i opisu kompleksowych strategii przeciwpożarowych uwzględnia zarówno czynniki mające wpływ na kwestie związane z zapobieganiem powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożaru, jak i zapewnieniem sił i środków do jego zwalczania za pomocą systemów zabezpieczeń, aż po działania ratowniczo-gaśnicze wyspecjalizowanych służb. Umożliwia zatem kompleksowe ujednoczenie zasad stosowania w Polsce metod opartych na celach funkcjonalnych.

Przeznaczona jest zarówno dla profesjonalistów z zakresu ochrony przeciwpożarowej, jak i wszystkich tych, którzy są z ochroną przeciwpożarową budynków powiązani w inny sposób, w tym architektów, inżynierów budownictwa i konstruktorów, osób kontrolujących obiekty bądź prowadzących ich odbiory dopuszczające do użytkowania, ubezpieczycieli, zarządców i osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo pożarowe w trakcie eksploatacji.



Rys. 1. Cele strategii przeciwpożarowej [1, 3]

Celem książki jest nie tylko przedstawienie instrukcji technicznej w zakresie postępowania przy tworzeniu strategii przeciwpożarowych, ale także zachęta do logicznego i strategicznego myślenia podczas doboru wszelkich rozwiązań zabezpieczeń przeciwpożarowych budynków. **Zaproponowana metoda nie jest jedyną, jaka może być stosowana przy przygotowaniu strategii przeciwpożarowej i dokonywaniu oceny rozwiązań równoważnych, może jednak z pewnością być traktowana jako jeden z poprawnych sposobów podejścia do tego problemu.**

## Inżynieria bezpieczeństwa pożarowego w Polsce

Inżynierskie podejście do projektowania zabezpieczeń przeciwpożarowych polega na analizie reprezentatywnych scenariuszy pożarowych i ilościowej ocenie różnych rozwiązań techniczno-organizacyjnych, z wykorzystaniem narzędzi i metod inżynierskich, w odniesieniu do wcześniej sformułowanych celów. Definicja ta identyfikuje trzy składowe inżynierskiego podejścia w ochronie przeciwpożarowej, którymi są:

1. opis oczekiwanego poziomu bezpieczeństwa w analizowanym obiekcie w zakresie możliwości wystąpienia pożaru,
2. identyfikacja założeń projektowych w zakresie parametrów analizowanego obiektu oraz rozwoju pożaru i warunków ewakuacji,
3. analizy inżynierskie proponowanych rozwiązań i ocena, które z nich zapewniają oczekiwany poziom bezpieczeństwa.

Podejście oparte na celach funkcjonalnych wykorzystywane jest alternatywnie do podejścia nakazowego. Stosowane jest obecnie w Polsce najczęściej w uzupełnieniu do realizacji przepisów nakazowych lub jako niezależne analizy, wykonywane bez powiązania z przepisami krajowymi. Może to mieć miejsce, kiedy przepisy nie określają w sposób jednoznaczny parametrów danego elementu budowlanego bądź instalacji, a jedynie wytyczają cel, jaki należy za jego pomocą osiągnąć (np. w odniesieniu do wentylacji oddymiającej, która zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [2] powinna usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację), bądź kiedy nie jest możliwe zastosowanie rozwiązań wymaganych bezpośrednio przez przepisy i pozostają rozwiązania zamiennie.

## Myślenie strategiczne

Podejście „strategiczne” do ochrony przeciwpożarowej skłania do przemyślenia najpierw koncepcji, a dopiero potem podejmowania decyzji o konkretnych rozwiązaniach. Niestety obserwacja branży

ochrony przeciwpożarowej pokazuje, że większość jej przedstawicieli jest tak zabieganych w swoich działaniach, że często nie zastanawia się nad spójną koncepcją i nad tym **dłaczego** wybiera takie, a nie inne rozwiązanie. Nierzadko przypadek lub względy personalne przesądzają o wyborze ostatecznie zastosowanych rozwiązań [3].

Ogólnie rzecz ujmując, można przyjąć, że prawdziwym celem strategii przeciwpożarowej jest zapewnienie koordynacji pomiędzy przepisami z zakresu ochrony ppoż., zarządzaniem ochroną ppoż. i systemami ochrony ppoż., która powinna prowadzić do zwiększenia skuteczności i urealnienia stosowanych rozwiązań oraz optymalizacji kosztów inwestycyjnych i kosztów ich utrzymania.

Zawód inżyniera pożarowego, który w Polsce najczęściej reprezentowany jest przez rzeczoznawców ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, w ciągu ostatnich kilku dekad znacznie zmienił swój charakter, szczególnie ze względu na fakt rozpowszechnienia omówionych wcześniej rozwiązań opartych na celach funkcjonalnych, które wymagają od rzeczoznawców więcej doświadczenia i wiedzy niż wcześniej, kiedy bazowano wyłącznie na podejściu nakazowym. Dawniej, znając podstawowe wymagania przepisów, można było bez trudu stworzyć wstępną strategię przeciwpożarową, jednak dzisiaj niezbędne staje się spojrzenie inżynierskie i holistyczne.

Kolejnym istotnym aspektem jest fakt, że strategia przeciwpożarowa przygotowana przez jedną osobę, nawet jeśli jest właściwa, będzie zawsze subiektywna. Strategia przygotowana przez zespół ma szansę być znacznie bardziej obiektywną, a braki wiedzy i doświadczenia pojedynczych jego członków mogą zostać uzupełnione przez pozostałych. Z zasady nawet najbardziej kompetentne osoby nie powinny przygotowywać strategii przeciwpożarowej bez przeprowadzenia konsultacji, przynajmniej z osobami współpracującymi przy projekcie oraz przedstawicielami odpowiednich organów. Zazwyczaj w zespole takim powinni znaleźć się następujący członkowie:

- osoba przygotowująca strategię, czyli strateg pożarowy (w Polsce najczęściej jest to rzeczoznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych),
- inwestor lub osoba reprezentująca go w zakresie bezpieczeństwa pożarowego dla budynku,
- architekci i osoby związane z projektem budowlanym,
- organy władzy, w tym reprezentanci PSP, sanepidu itp.,
- ubezpieczyciele,
- przedstawiciele innych branż, np. konserwator zabytków, reprezentant nadzoru budowlanego, zarządca nieruchomości itp.,
- osoby mające w przyszłości pełnić funkcje konserwatorów instalacji pożarowych i inżynierów obsługi budynku.

## Cele strategii przeciwpożarowej

Poprzez analizę potrzeb związanych z funkcjonowaniem budynku, poznanie jego właścicieli, użytkowników i przebiegających w nim procesów można wytypować szereg istotnych celów w strategii przeciwpożarowej. **Rys. 1** przedstawia cztery cele główne, do których zalicza się: bezpieczeństwo życia, ochronę mienia, ciągłość produkcji i ochronę środowiska – w każdym wyodrębniono cztery cele szczegółowe [1, 3].

### Ochrona życia ludzi

W pierwszej kolejności rozważmy kluczowy cel, jakim jest ochrona życia ludzi. Regulacje w zakresie bezpieczeństwa pożarowego mają na celu zapewnienie, że stali użytkownicy obiektu i goście będą w przypadku pożaru zabezpieczeni przed jego oddziaływaniem, a w razie konieczności można ich będzie bezpiecznie ewakuować. Krajowe przepisy przeciwpożarowe koncentrują się zazwyczaj właśnie na bezpieczeństwie życia użytkowników budynku.

Stosując wszystkie rozwiązania wymagane przez przepisy, można zakładać, że ochrona użytkowników zostanie zagwarantowana w wystarczającym stopniu. Jednak nawet w tej sytuacji inżynier pożarowy powinien patrzeć głębiej, biorąc pod uwagę różne profile użytkowników, ich liczbę, stopień sprawności, aspekty kulturowe, językowe itp. Należy uwzględnić fakt, że goście powodują powstanie innego profilu ryzyka niż stali użytkownicy, m.in. dlatego, że nie znają układu budynku i jego dróg ewakuacyjnych. W wielu przypadkach goście mogą stanowić odsetek ogólnej liczby użytkowników (np. w biurówcu), w innych natomiast stanowią większość (np. w galerii handlowej). Należy mieć również na uwadze, że liczne typy budynków mogą być odwiedzane przez bardzo szeroki przekrój społeczeństwa, o różnej charakterystyce – są to na przykład stacje kolejowe, lotniska, muzea czy stadiony. Strateg pożarowy powinien zawsze wykorzystywać różne kryteria oceny przewidywanych zdarzeń w stosunku do użytkowników stałych i osób odwiedzających.

Kolejną grupę osób mogących przebywać w budynku stanowią wykonawcy prac okresowych, czyli osoby, które pracują przy remoncie budynku lub jego konserwacji. Odrębne podejście do tej grupy jest konieczne ze względu na fakt, że zwykle nie muszą oni znać rozkładu budynku i układu dróg ewakuacyjnych, liczba tych osób może się różnić w poszczególnych godzinach lub dniach, ponadto wykonawcy nie przebywają zazwyczaj w typowych miejscach, z których łatwo mogą się ewakuować. W momencie wystąpienia pożaru mogą znajdować się w strefie poddasza, na drabinach lub w miejscach z ograniczoną mobilnością. Powoduje to konieczność rozważenia dwóch kwestii:

- w jaki sposób przekazywany jest w tych obszarach komunikat alarmowy,
- o ile więcej czasu potrzeba, by osoby te dotarły do miejsca, z którego będzie można rozpocząć ich standardową ewakuację.

Czwartą grupą, w stosunku do której należy rozpatrywać aspekt ochrony życia, są strażacy. Obecnie w bardzo niewielu krajach akceptuje się założenie, że strażacy mają świadomość podejmowanego ryzyka i powinni korzystać z własnych urządzeń ochrony – w większości przypadków bezpieczeństwo strażaków także powinno być brane pod uwagę.

## Ochrona mienia

Kwestia ochrony mienia na wypadek pożaru znacznie różni się od zagadnienia ochrony życia. Podczas gdy głównym celem strategii przeciwpożarowej w aspekcie ochrony życia jest zapewnienie bezpiecznej ewakuacji wszystkich osób, w strategii ochrony mienia najważniejsze jest ograniczenie szkód majątkowych spowodowanych przez pożar. Jest to szczególnie brane pod uwagę przez ubezpieczycieli.

Strategia przeciwpożarowa może w tym przypadku być ukierunkowana na rozwiązania techniczno-organizacyjne gwarantujące możliwie najszybszy dojazd ekip gaśniczych na miejsce pożaru, może też wymagać zastosowania samoczynnych systemów gaśniczych lub elementów biernej ochrony przeciwpożarowej. Możliwa jest również kombinacja wyżej wymienionych taktyk pożarowych.

Pierwszym elementem chronionego mienia może być sama konstrukcja budynku. Drugim są fasady czy elewacje, które na przykład w budynkach zabytkowych mogą podlegać szczególnej ochronie (czasami mają dużo większą wartość niż sam budynek). W takich przypadkach istotne jest nie tylko ograniczenie możliwości oddziaływania na nie ognia – olbrzymie straty mogą wywołać już nawet niewielkie ilości dymu. Trzecim elementem ochrony jest stałe wyposażenie budynku, które także może mieć znaczną wartość, a jednocześnie nie może zostać łatwo przeniesione czy wyniesione – przykładem mogą być serwerownie komputerowe, linie produkcyjne czy sprzęt badawczy. Czwartym i ostatnim elementem jest mienie ruchome, które może obejmować wszystko, od dzieł sztuki po komputery. Występowanie w budynku szczególnie wartościowych przedmiotów może uzasadniać wprowadzenie do strategii rozwiązań specjalnych, przewidujących niestandardowe sposoby ratowania mienia.

## Ochrona ciągłości produkcji

Pomimo niepokojących statystyk dotyczących strat pożarowych przedsiębiorstw, przy określaniu strategii przeciwpożarowych w dalszym ciągu najczęściej nie bierze się pod uwagę zagadnień związanych z utrzymaniem ciągłości ich działalności. Pożar jest niejednokrotnie przyczyną długotrwałego przestoju produkcji, a w konsekwencji strat finansowych znacznie przewyższających bezpośrednie straty materialne. Nawet jeśli pracownicy są bezpieczni, a budynek nie został zniszczony, straty związane z pożarem mogą w dużym stopniu zaważyć na dalszym funkcjonowaniu firmy.

Podczas opracowywania strategii w pierwszej kolejności należy rozważyć, jak pożar może wpłynąć na operacje krótkoterminowe. Kolejnym celem są operacje długoterminowe. Nawet jeśli podjęte zostaną działania związane z szybką likwidacją szkód popożarowych, konieczne jest zagwarantowanie firmie przetrwania okresu bezpośrednio po pożarze i możliwości utrzymania stałego poziomu produkcji.

Ostatnim celem jest zachowanie misji, czyli fundamentalnych celów działania danej firmy. Przykładowo jeśli w instytucie nauki bezpieczeństwa pożarowego wystąpi poważny pożar, który zniszczy wyposażenie i obnaży poważne niedociągnięcia w zakresie ochrony przeciwpożarowej, będzie to miało zasadnicze znaczenie dla utrzymania dobrej opinii instytutu i jego misji.

## Ochrona środowiska

Problemy ochrony środowiska rzadko są ukazywane jako integralna część strategii przeciwpożarowej. W wielu przypadkach wpływ pożaru na środowisko naturalne nie jest traktowany jak kwestia kluczowa. Wyjątek stanowią w Polsce zakłady dużego ryzyka (ZDR), w których obligatoryjnie opracowywane są operaty oddziaływania na środowisko, uwzględniające także ocenę ryzyka związanego z wystąpieniem pożaru. Wydaje się jednak, że aspekt ochrony środowiska w powiązaniu z ochroną przeciwpożarową będzie (a przynajmniej powinien) coraz bardziej zmierzać w kierunku stworzenia pewnych uregulowań prawnych, także w innych rodzajach budynków.

Pierwszym elementem może być kwestia oddziaływania pożaru wewnątrz budynku. Bez względu na to, czy ryzyko zapłonu wynika z procesów produkcyjnych, czy składowania materiałów niebezpiecznych i ich składu chemicznego, pożar może uwolnić produkty będące problemem dla wewnętrznego środowiska naturalnego.

Podobne rozważania należy przeprowadzić w stosunku do obszaru znajdującego się na terenie zakładu wokół budynku, dla którego tworzona jest strategia. Pożar może bowiem mieć wpływ również na inne budynki lub przedmioty znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie jego miejsca. Mogą to być przede wszystkim uszkodzenia spowodowane oddziaływaniem dymu lub promieniowania cieplnego.

Następnym aspektem, który należy rozważyć, jest możliwy wpływ pożaru na tereny i miejscowości sąsiadujące z zakładem. Należy ocenić, jak region, w którym znajduje się zakład, może zostać zabezpieczony przed wpływem pożaru. Pożary o mocy dziesiątków megawatów mogą doprowadzić do uwolnienia do środowiska ogromnych ilości zanieczyszczeń. Ich rozprzestrzenianie się może być dodatkowo potęgowane przez wpływ różnych warunków pogodowych. Największym problemem może się okazać nawet nie sam pożar, ale skutki walki z nim, na przykład spływ zanieczyszczonej wody do pobliskich rzek powodujący narażenie życia tamtejszej fauny i flory.



Ostatnim czynnikiem jest ocena długoterminowego oddziaływania skutków pożaru na środowisko. Może to być trudne do określenia i bardziej subiektywne niż w przypadku trzech poprzednich elementów. Niemniej wobec zagrożeń dla społeczeństwa konieczne jest przynajmniej rozważenie pewnych scenariuszy pożarów i ich skutków, nie tylko w perspektywie miesięcy, ale całych lat. Nie ma wątpliwości, że wiele dużych pożarów na całym świecie drastycznie wpłynęło na ekologię w skali lokalnej, regionalnej i krajowej. Przykładem może być gigantyczny wpływ na środowisko nawet pojedynczego incydentu, jaki może się wydarzyć na platformie wiertniczej, na skutek którego nastąpi uwolnienie ropy naftowej mogące doprowadzić do lokalnej katastrofy ekologicznej, której skutki będą odczuwalne przez dziesięciolecia.

## Strategiczny plan zabezpieczeń pożarowych

Każda strategia powinna być oparta na stworzonej wstępnie strategicznej wizji, określającej, w jaki sposób doprowadzi ona do zrealizowania wyznaczonych celów. Wizja strategiczna polega na wyobrażeniu sobie, jak z pomysłu stworzyć coś namacalnego – ilustruje, jak będzie wyglądała strategia i w jaki sposób przyniesie oczekiwane rozwiązania. Obraz ten można przedstawić z wykorzystaniem specjalnego diagramu. Założeniem jest, aby obraz strategii mieścił się na jednej stronie formatu A4.

Metoda ta służy do identyfikowania ośmiu głównych środków zabezpieczeń zaplanowanych do zastosowania w strategii przeciwpożarowej, dopasowanych do sformułowanych w polskiej ustawie o ochronie przeciwpożarowej trzech warstw zabezpieczeń (tabela 1). Ideą jest, aby przygotowywana strategia przeciwpożarowa opierała się na odpowiednio wysokim poziomie zaawansowania poszczególnych środków zabezpieczeń, dającym w efekcie oczekiwany ogólny poziom ochrony przeciwpożarowej budynku.

**Tabela 1.** Warstwy i środki zabezpieczeń strategii przeciwpożarowej [1]

Warstwa zabezpieczeń	Środki zabezpieczeń
Zapobieganie powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożaru	1. Organizacja i zarządzanie ochroną przeciwpożarową (ORG)
	2. Ograniczenie materiałów palnych i źródeł zapłonu (LIM)
Zapewnienie sił i środków do zwalczania pożaru	3. Bierne ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru/dymu (PAS)
	4. Detekcja i sygnalizacja (DET)
	5. Systemy gaśnicze (SUP)
	6. Wentylacja pożarowa i warunki ewakuacji (SC)
	7. Dyspozycyjność systemów ochrony przeciwpożarowej (MAI)
Prowadzenie działań ratowniczych	8. Działania ratowniczo-gaśnicze (FB)

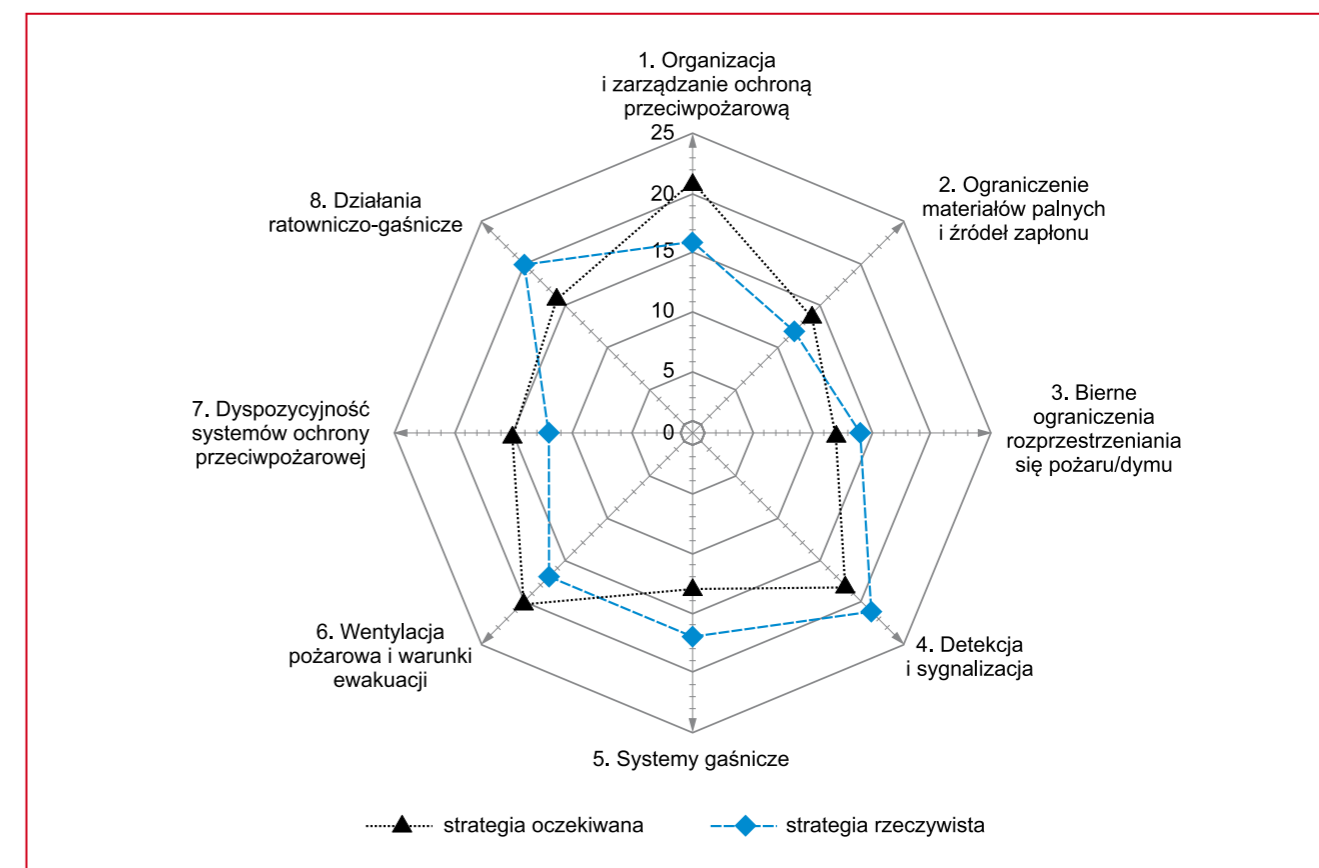
Dla każdego ze środków zabezpieczeń przedstawionych w tabeli określono sześć najważniejszych rodzajów zabezpieczeń, wraz z sugerowaną propozycją ich oceny jakościowej. Ocenę ostateczną każdego ze środków zabezpieczeń uzyskuje się poprzez zsumowanie ocen przyznanych każdemu

z wchodzących w jego skład rodzajów zabezpieczeń. Podane propozycje służą zminimalizowaniu możliwości dokonywania ocen subiektywnych oraz ujednoczeniu metody. Jednak jeśli użytkownik uzna, że należy je zmodyfikować, jest to możliwe, pod warunkiem że sumaryczna maksymalna liczba punktów możliwa do uzyskania dla danego środka zabezpieczeń pozostanie równa 25.

## Analiza uzyskanych wyników i ocena strategii

Przeprowadzona ocena każdego z ośmiu kluczowych czynników strategii (środków zabezpieczeń) powinna zostać zaznaczona na siatce wartości strategii w skali od zera do dwudziestu pięciu. Następnie punkty należy połączyć prostymi liniami, które utworzą figurę dającą nam wyobrażenie o potencjale danej strategii. Stanowi to jednocześnie orientacyjną informację na temat przewidywanych kosztów systemów zabezpieczeń.

Strategię, którą opracowujemy dla konkretnego budynku, nazywamy **strategią rzeczywistą**. Niejednokrotnie wykorzystujemy w niej rozwiązania indywidualne, nazywane zamiennymi w stosunku do wymaganych przez przepisy. Aby dokonać oceny, czy opracowana strategia zapewnia wystarczający poziom ochrony przeciwpożarowej budynku, konieczne jest porównanie zaplanowanych rozwiązań z punktem odniesienia, jaki stanowi **strategia oczekiwana**, określona wymaganiami



**Rys. 2.** Siatka wartości strategii porównująca strategię oczekiwaną i rzeczywistą [1]

przepisów lub wynikająca z innych uzasadnionych przesłanek. Przykładowe zestawienie strategii oczekiwanej i rzeczywistej przedstawia **rys. 2**.

Na podstawie jednego rzutu oka na wykres możemy stwierdzić, w jakich aspektach strategia rzeczywista nie spełnia wymagań strategii oczekiwanej, a w jakich ją przewyższa. Pomimo że jest to bardzo cenna informacja, nie wystarcza jednak do pełnej oceny, czy ogólny poziom bezpieczeństwa pożarowego budynku w obydwu przypadkach jest porównywalny, czy też strategia rzeczywista nie dorównuje strategii oczekiwanej bądź proponuje rozwiązania przeszacowujące oczekiwania. W tym celu opracowano metodę polegającą na wyznaczeniu indeksu ryzyka pożarowego (ang. Fire Risk Indeks – FRI) zarówno dla strategii oczekiwanej, jak i rzeczywistej i porównaniu obydwu uzyskanych wartości.

Do przeprowadzania ilościowej oceny strategii przeciwpożarowych opracowane zostało narzędzie obliczeniowe, którego główny rdzeń oparto na metodzie Gretenera z roku 1960, służącej do szacowania zagrożenia i ryzyka pożarowego w budynkach. Szczegóły zaproponowanej tu metody obliczeniowej, prowadzącej do wyznaczenia indeksu ryzyka pożarowego FRI, zostały opracowane przez autorów książki w oparciu o ich doświadczenie i wiedzę ekspercką i stanowią propozycję do wykorzystania przy opracowywaniu projektów budowlanych. Metoda Gretenera w wersji oryginalnej była i jest do dziś szeroko wykorzystywana m.in. w branży ubezpieczeniowej w Szwajcarii [4]. Jest ona odmienna od metod wykorzystywanych powszechnie do wyznaczania ryzyka pożarowego, gdyż jej ideą jest umożliwienie wyznaczenia ryzyka pożarowego na podstawie oceny poziomu potencjalnego zagrożenia pożarowego i poziomu zabezpieczeń, a nie w oparciu o statystyczne dane niezawodnościowe poszczególnych systemów oraz przewidywane skutki potencjalnych zdarzeń pożarowych. Pomysł Gretenera został wykorzystany w zaproponowanej metodzie wyznaczenia indeksu FRI, gdyż pozwala na zastosowanie do tego celu wartości punktowych uzyskiwanych podczas oceniania strategii przeciwpożarowej. Umożliwia to w efekcie ocenę, czy rzeczywista strategia przeciwpożarowa zapewnia w budynku poziom bezpieczeństwa co najmniej równoważny poziomowi wynikającemu ze strategii oczekiwanej.

Pierwszym krokiem do dokonania obliczenia indeksu ryzyka pożaru jest określenie celu strategii przeciwpożarowej i poziomu strategii oczekiwanej. W dalszej kolejności należy przeprowadzić obliczenia indeksu ryzyka pożarowego (FRI), wyznaczając go jako iloczyn indeksu zagrożenia pożarowego (FHI) i prawdopodobieństwa wystąpienia pożaru w danym budynku (Fi) [15]:

$$FRI = FHI \cdot Fi \quad (1)$$

gdzie:

FRI – indeks ryzyka pożarowego (fire risk index),

FHI – indeks zagrożenia pożarowego (fire hazard index),

Fi – częstość występowania pożaru w danym budynku (frequency of ignition).

Występująca we wzorze (1) wartość indeksu zagrożenia pożarowego jest proporcjonalna do potencjalnego zagrożenia pożarowego (PH), jakie występuje w danym budynku (przyjmowanego dla odpowiedniego profilu ryzyka), oraz odwrotnie proporcjonalna do ilości i jakości zastosowanych w budynku środków zabezpieczeń, reprezentowanych przez wartość sumarycznej oceny punktowej uzyskanej dla środków zabezpieczeń (PM). Indeks zagrożenia pożarowego (FHI) wyznacza się z zależności:

$$FHI = \frac{PH}{PM} \cdot 100 \quad (2)$$

gdzie:

FHI – indeks zagrożenia pożarowego (fire hazard index),

PH – potencjalne zagrożenie pożarowe (potential hazard),

PM – środki zabezpieczeń przeciwpożarowych (protective measures).

Potencjalne zagrożenie pożarowe (PH) wyznacza się przy założeniu, że indeks zagrożenia pożarowego strategii oczekiwanej przyjmuje się jako równy 1.

Wartość liczbowa PM występująca we wzorze 2, przyjmowana dla środków zabezpieczeń przeciwpożarowych, wynika z oceny punktowej poszczególnych środków zabezpieczeń opracowanej strategii przeciwpożarowej, z uwzględnieniem odpowiednich współczynników wagowych, które można przyjmować ekspercko lub jako część (standardowo 20%) oceny punktowej danego środka zabezpieczeń w strategii oczekiwanej.

$$PM = (W_{ORG} \cdot E_{ORG} + W_{LIM} \cdot E_{LIM} + W_{PAS} \cdot E_{PAS} + W_{DET} \cdot E_{DET} + W_{SUP} \cdot E_{SUP} + W_{SC} \cdot E_{SC} + W_{MAI} \cdot E_{MAI} + W_{FB} \cdot E_{FB}) \quad (3)$$

gdzie:

$E_{ORG}, E_{LIM}, E_{PAS}, E_{DET}, E_{SUP}, E_{SC}, E_{MAI}, E_{FB}$  – oceny punktowe uzyskane w ocenie strategii przeciwpożarowej dla poszczególnych środków zabezpieczenia,

$W_{ORG}, W_{LIM}, W_{PAS}, W_{DET}, W_{SUP}, W_{SC}, W_{MAI}, W_{FB}$  – współczynniki wagowe dla poszczególnych środków zabezpieczenia, w zależności od profilu ryzyka.

Częstość występowania pożaru we wzorze (1) jest jednym z kluczowych parametrów większości ocen ryzyka. Jednym ze źródeł literaturowych, z których możemy zaczerpnąć dane o prawdopodobieństwie wystąpienia pożaru w różnych rodzajach budynków, jest brytyjski standard PD-7974-7 [5], możliwe jest jednak wykorzystanie danych statystycznych z innych źródeł. W przypadku gdy ocenie podlega jeden budynek, ale w różnych wariantach zabezpieczeń, w analizach można pominąć wartość częstości występowania pożaru w danym budynku (przyjąć np. jako stałą 1), gdyż nie będzie miała ona wpływu na stosunek indeksu ryzyka pożaru strategii oczekiwanej i rzeczywistej.

## Aplikacja komputerowa do tworzenia strategii przeciwpożarowych

Opisana powyżej metoda analizy strategii przeciwpożarowych została przez jej twórców opracowana również w formie aplikacji komputerowej. Aplikacja Igni.online dostępna jest bezpłatnie na stronie internetowej <https://www.igni.online/beta-pl>. W celu uzyskania dostępu wystarczy skontaktować się mailowo z administratorami programu i otrzymać login oraz hasło do programu. Obecnie udostępniono wersję beta, która umożliwia przeprowadzenie pełnej analizy strategii przeciwpożarowej budynku, wyznaczenie indeksu ryzyka pożaru zarówno dla strategii rzeczywistej, jak i oczekiwanej oraz dokonanie ich porównania i oceny, czy zastosowane rozwiązania zapewniają ogólny poziom zabezpieczenia nie niższy od oczekiwanego. Program umożliwia także wygenerowanie raportu w formacie pdf, w którym przedstawione są wszystkie szczegóły opracowanej strategii.

Pierwszym krokiem po zalogowaniu się do programu jest dokonanie opisu analizowanego budynku i wybór celu, w jakim realizujemy ochronę przeciwpożarową w budynku, oraz profilu ryzyka, jaki mu odpowiada. Obecna wersja programu ukierunkowana jest przede wszystkim na ochronę życia, a profile ryzyka budynków przyjęto w niej na podstawie brytyjskiej normy BS 9999 [6], w zależności od rodzaju użytkowników budynku i przewidywanej szybkości rozwoju pożaru. Następnie przechodzimy do okna, w którym należy podjąć decyzję nt. strategii oczekiwanej, stanowiącej poziom odniesienia dla opracowywanej przez nas strategii rzeczywistej.

Do wyboru mamy automatyczne wygenerowanie domyślnej strategii oczekiwanej dla wybranego profilu ryzyka budynku lub samodzielne jej utworzenie, jako tzw. strategii indywidualnej. Wybór strategii domyślnej oznacza akceptację poziomu odniesienia zaproponowanego na podstawie wieloletniego doświadczenia i wiedzy eksperckiej przez autorów książki. Strategię oczekiwaną indywidualną można utworzyć samodzielnie jednocześnie z opracowaniem oceny dla strategii rzeczywistej, do której przechodzimy w następnym kroku analiz. Na tym etapie musimy dokonać oceny punktowej środków zabezpieczeń przeciwpożarowych, jakie istnieją (lub są planowane) w analizowanym budynku. Dla każdego ze środków zabezpieczeń, których zestawienie pokazano w **tabeli 1**, mamy do dyspozycji 25 punktów, które przydzielamy na podstawie szczegółowej listy pytań. Jeżeli jednocześnie opracowujemy strategię oczekiwaną indywidualną, to poza oceną rzeczywistą dokonujemy także oceny punktowej, która w danym przypadku jest adekwatna do naszych teoretycznych oczekiwań (np. rozwiązań zgodnych z obowiązującymi przepisami).

Uzyskane oceny punktowe strategii rzeczywistej i oczekiwanej zostają przez program automatycznie przetworzone na diagram (**rys. 2**), który pozwala łatwo ocenić ogólny poziom ochrony przeciwpożarowej w budynku oraz różnice w rozwiązaniach rzeczywistych i oczekiwanych.

## Podsumowanie

Przedstawiona w książce „Strategie ochrony przeciwpożarowej budynków” [1] metoda dokonywania oceny poziomu bezpieczeństwa pożarowego budynku, wraz z ułatwiającą jej stosowanie aplikacją Igni.online, może się stać wygodnym narzędziem wspomagającym i systematyzującym pracę rzeczoznawców ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, projektantów czy pracowników PSP dokonujących weryfikacji oraz oceny projektów i ekspertyz pożarowych. Oczywiście, jak wszystkie metody eksperckie, nie jest to narzędzie idealne i prawdopodobnie nigdy się takim nie stanie (gdyż jest to po prostu niemożliwe do osiągnięcia). Jego niedoskonałości powinny być jednak stopniowo usuwane i docelowo metoda ta może zyskać uznanie licznej grupy użytkowników i w efekcie przyczynić się do zwiększenia jakości opracowań z zakresu ochrony przeciwpożarowej oraz ujednoczenia ich formy. Jeśli by do tego doszło, prawdopodobnie zwiększyłaby się także szansa zwrócenia na nią uwagi przez osoby zaangażowane w tworzenie przepisów.

Zamierzeniem autorów jest próba upowszechnienia w Polsce zaproponowanych metod oceny zabezpieczeń przeciwpożarowych budynków i ujednoczenie formy sporządzanej dokumentacji. Pozostają oni jednocześnie otwarci na wszelkie uwagi i sugestie, które z pewnością wezmą pod uwagę w kolejnych fazach rozwoju metody. Zwracają także uwagę, że stosując ją, nie należy w żadnym wypadku zapominać o konieczności stałej kontroli, czy uzyskane za jej pomocą rozwiązania są zgodne z wszystkimi zasadami inżynierii pożarowej, a w przypadku zauważenia niezgodności – należy niezwłocznie je zgłaszać. Nie należy także przyjmować, że udostępniona aplikacja **igni.online** może zastąpić wiedzę ekspertów pożarowych i ich udział w kolejnych fazach projektowania.

dr inż. Dorota Brzezińska, Paul Bryant, PEng  
Politechnika Łódzka

**Literatura:** <http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4629,strategie-ochrony-przeciwpozarowej-budynkow>

## Urządzenia do kontroli rozprzestrzeniania się dymu i ciepła

**Systemy wentylacji pożarowej w budynkach wielokondygnacyjnych mają za zadanie powstrzymanie rozprzestrzeniania się dymu w budynku i zapewnienie bezpieczeństwa – ewakuacji i działania zespołów ratowniczo-gaśniczych. Wymaga to stosowania dla danego budynku rozwiązań technicznych zgodnych z opracowanym dla niego scenariuszem pożarowym. Liczy się rzeczywista efektywność zastosowanych systemów.**

Warunki techniczne w § 245 wymagają, aby klatki schodowe przeznaczone do ewakuacji ze stref pożarowych były obudowane i zamykane drzwiami dymoszczelnymi oraz wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu, uruchamiane samoczynnie za pomocą systemu wykrywania dymu. Urządzenia zapobiegające zadymieniu na pionowych drogach ewakuacji wymagane są w budynkach wysokich (z wyjątkiem mieszkalnych) i wysokościowych. Warunki techniczne pozwalają na zastosowanie urządzeń oddymiających w budynkach użytkowych niskich zaliczanych do kategorii ZL II i średniowysokich budynków: ZL I; ZL II; ZL III i ZL IV. Zastosowanie urządzeń oddymiających jest możliwe także w budynkach mieszkalnych ZL IV, pod warunkiem zachowania określonej długości dojsć ewakuacyjnych.

Możliwe jest grawitacyjne lub mechaniczne oddymianie klatki schodowej, pod warunkiem zapewnienia skuteczności jego działania. Badania wskazują, że skuteczniejszym systemem oddymiania jest nawiew mechaniczny. Różnica pomiędzy systemami oddymiającymi a zabezpieczającymi przed zadymieniem wynika z funkcji, jaką mają one pełnić.

## Systemy zapobiegające zadymieniu

Norma PN-EN 12101-6:2007 *Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Część 6: Wymagania techniczne dotyczące systemów różnicowania ciśnień. Zestawy urządzeń określa wymagania funkcjonalne, takie jak nadciśnienie, przepływ, siła otwarcia drzwi i czas reakcji systemu. W skład typowego układu zapobiegania zadymieniu pionowych dróg ewakuacyjnych wchodzi zestaw nawiewny górny i dolny, zestawy upustowe górny i dolny, centrale zasilająco-sterujące systemem oraz osprzęt wentylacyjny – kratki osłonowe, czerpnie oraz wyrzutnie ściennie, izolowane przepustnice powietrza. Konfiguracja i liczba poszczególnych elementów składowych systemu zależą od wymagań*

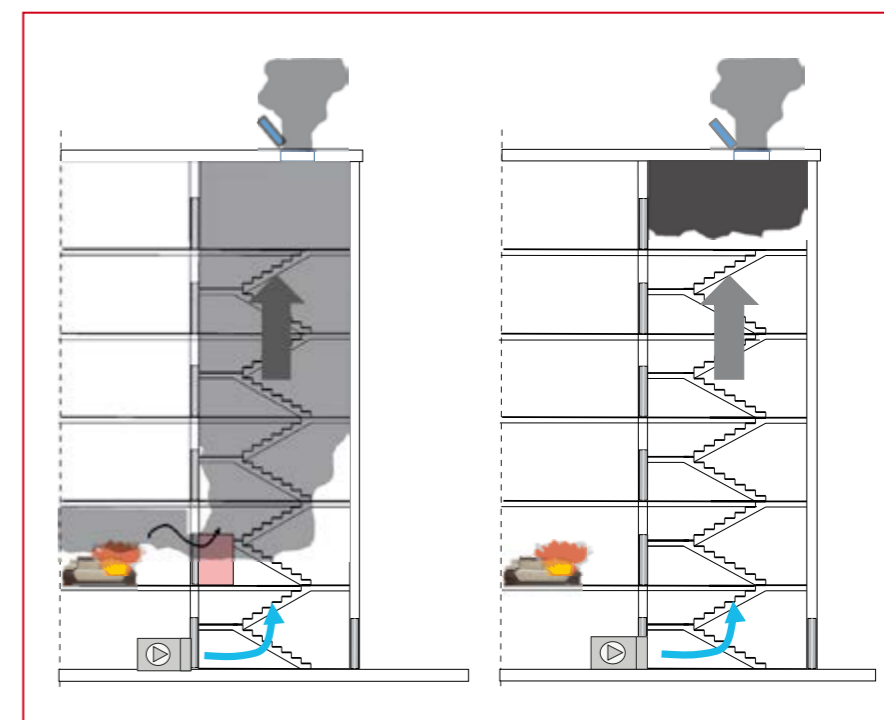
scenariusza pożarowego, specyfikacji budynku i usytuowania w nim klatki schodowej, szybu windy czy innej przestrzeni.

Systemy te mają różne wydajności jednostek napowietrzających. Ich zabudowa może być pionowa lub pozioma, wewnątrz lub na zewnątrz chronionego budynku. Elementy upustowe mają różne rozmiary oraz zabudowy – ściennie, kanałowe i dachowe, na zewnątrz i wewnątrz budynku. Na rynku oferowanych jest kilka systemów uznanych producentów, które posiadają aprobaty Instytutu Techniki Budowlanej.

## Systemy oddymiania

Zasady projektowania mechanicznych systemów oddymiania opisane zostały z kolei w Wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016 *Systemy oddymiania klatek schodowych*. Ich zadaniem jest utrzymywanie dymu powyżej kondygnacji objętej pożarem, aby ułatwić ewakuację niższych kondygnacji i przyspieszyć dotarcie strażaków do źródła pożaru, ugaszenie go, a następnie rozpoczęcie akcji ratowniczej na kondygnacjach powyżej opanowanego pożaru po oczyszczeniu klatki schodowej z dymu. Systemy oddymiania są w porównaniu do systemów zapobiegania zadymieniu tańsze. Wytyczne definiują system oddymiania jako zestaw wszystkich podzespołów koniecznych do budowy instalacji służącej oddymianiu klatek schodowych, dobranych pod kątem ich właściwego współdziałania. Jest to gotowy do działania system z elementami wykonawczymi (klapy dymowe, urządzenia fasadowe, otwory napływu powietrza kompensacyjnego) oraz układem automatycznego sterowania i detekcji wraz z zasilaniem i okablowaniem.

Przy wyborze systemów kontroli rozprzestrzeniania się dymu i ciepła zaleca się stosowanie certyfikowanych zestawów urządzeń. Z kolei eksploatacja wymaga okresowych kontroli stanu instalacji wentylacji pożarowej i testów jej działania.



**Rys.** Działanie systemu oddymiania z nawiewem mechanicznym w budynkach ZL IV średniowysokich z klatkami schodowymi nieobudowanymi, niezamykanymi drzwiami przeciwpożarowymi, w budynkach ZL IV wysokich, a także w budynkach użyteczności publicznej [2]

## Dla projektantów

Wytyczne CNBOP do projektowania systemów oddymiania można pobrać z <https://www.cnbop.pl/pl/wydawnictwa/wytyczne>.

FläktGroup oferuje m.in. program Pressair do projektowania systemów różnicowania ciśnienia dla różnych rodzajów obiektów i warunków użytkowych, z możliwością skonfigurowania planu budynków, ich kondygnacji, pomieszczeń oraz przegród i otworów okiennych i drzwiowych. Program wyszukuje, a projektant wybiera najbardziej odpowiednie rozwiązania.

W Strefie Projektanta Mercor znaleźć można: programy doboru, które umożliwiają indywidualną konfigurację produktów, bazy rysunków CAD, dane techniczne, dokumentacje techniczno-ruchowe i dokumenty dopuszczające.

Smay w Strefie Projektanta na [www](http://www) udostępnia m.in. programy doboru oraz poradnik.

Scrol oferuje: program doborowy zestawów Quickfan, wsparcie techniczne, materiały, katalogi, DTR, dokumenty dopuszczające.

Oprac. red.

## Literatura

1. Kubicki G., *Systemy oddymiania klatek schodowych – nowe wytyczne projektowe*, „Rynek Instalacyjny” nr 1–2/2017.
2. CNBOP-PIB W-0003:2016 *Systemy oddymiania klatek schodowych*.

# Wejdź na:

## RYNEKINSTALACYJNY.PL



### ZOBACZ ARCHIWUM

wszystkie archiwalne numery miesięcznika „Rynek Instalacyjny” od 2008 roku dostępne w jednym miejscu



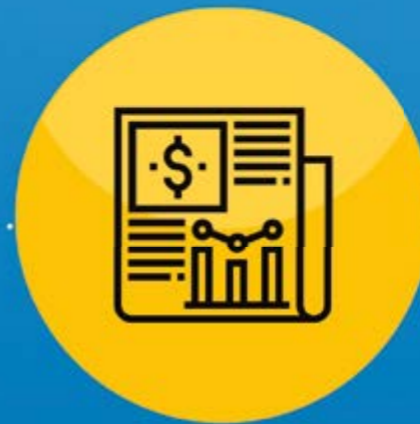
### PRZECZYTAJ E-BOOKI

pobierz i przeczytaj bezpłatne poradniki o pompach ciepła, wentylacji pożarowej oraz usprawnianiu wentylacji



### PORÓWNAJ PRODUKTY

przełóż, porównuj i zapoznaj się ze specyfikacją techniczną wybranych produktów



### SPRAWDŹ AKTUALNOŚCI

codzienne nowości z branży instalacyjnej, grzewczej i wentylacyjnej

## Oddymianie klatek schodowych wspomagane sterowanym nawiewem

### Dlaczego warto stosować takie rozwiązanie

**Dla zapewnienia warunków przynajmniej częściowej ewakuacji budynku lub możliwości przetrwania pożaru – do czego obligują przepisy – konieczne jest stosowanie przetestowanych, skutecznych rozwiązań technicznych. Systemy oddymiania klatek schodowych o zwiększonej wydajności nawiewu umożliwiają efektywne usuwanie dymu po odcięciu jego napływu do klatki schodowej, ograniczenie zadymienia tej przestrzeni (redukcję strat materialnych) oraz znaczną poprawę warunków prowadzenia akcji ratowniczych.**

### Problemy efektywności systemów oddymiania

Minimalnym wymaganiem dla systemów wentylacji pożarowej klatek schodowych powinno być spełnienie dwóch podstawowych warunków. Po pierwsze, działanie systemu nie może zagrażać osobom, które zostaną odcięte przez pożar na kondygnacjach powyżej jego lokalizacji. Po drugie, działanie instalacji powinno ułatwić i zabezpieczyć drogę dotarcia straży pożarnej do kondygnacji, na której zlokalizowany jest pożar. Oczywiście najlepiej, jeżeli klatki schodowe stanowią zabezpieczoną przed napływem dymu przestrzeń zapewniającą możliwość ewakuacji wszystkim użytkownikom budynku. Zastosowanie efektywnych rozwiązań w postaci systemów różnicowania ciśnienia wiąże się jednak ze znacznymi nakładami finansowymi, co szczególnie w przypadku nowo powstających budynków mieszkalnych stanowi trudny do pokonania problem. Ponieważ kwestie finansowe mają dla inwestorów znaczenie priorytetowe, w praktyce realizowane są instalacje bezpieczeństwa literalnie spełniające wymagania przepisów techniczno-budowlanych.

Nie jest to oczywiście problem dotyczący wyłącznie naszego kraju. Bezwzględna konieczność ochrony pionowych dróg ewakuacji nie stanowi priorytetu w większości państw zachodnich. Zgodnie z lokalnymi przepisami – w tym z polskimi warunkami technicznymi – w większości przypadków za wystarczające zabezpieczenie klatki schodowej uważa się najprostsze rozwiązania oddymiającej wentylacji grawitacyjnej. Rozwiązania takie przeznaczone są w zasadzie wyłącznie do wspomaganie działań straży pożarnej, przy założeniu, że użytkownicy budynku będą bezpieczni w swoich mieszkaniach lub w zajmowanych pomieszczeniach do czasu ich uratowania przez strażaków.

Zastosowanie prostych instalacji oddymiania grawitacyjnego w postaci ręcznie otwieranej kalpy dymowej lub okien oddymiających ma w założeniu podczas akcji ratowniczo-gaśniczych jedynie umożliwić efektywne użycie ratowniczych przenośnych wentylatorów PPV (Positive Pressure Ventilation) będących na wyposażeniu strażaków. Teoretycznie wentylatory takie ustawione przed otwartymi drzwiami klatki schodowej powinny dostarczyć odpowiednią ilość powietrza kompensacyjnego koniecznego do skutecznego oczyszczenia klatki z dymu. Jednak jak pokazują, często tragiczne w skutkach, pożary – szczególnie budynków mieszkalnych – przyjęcie takiej strategii nie zawsze jest skuteczne. Samo zastosowanie wentylatorów PPV jest trudne w licznych przypadkach klatek nietypowych, które nie mają bezpośredniego dostępu do przestrzeni zewnętrznej. Ponadto uproszczony system oddymiania przeznaczony do wspomaganie działań strażaków zakłada, że użytkownicy budynku do chwili podjęcia skutecznej akcji będą bezpieczni w swoich mieszkaniach (mają możliwość przetrwania pożaru). Tragiczne skutki pożarów z ostatnich lat wskazują jednak, że strategia taka nie zawsze okazuje się słuszną.

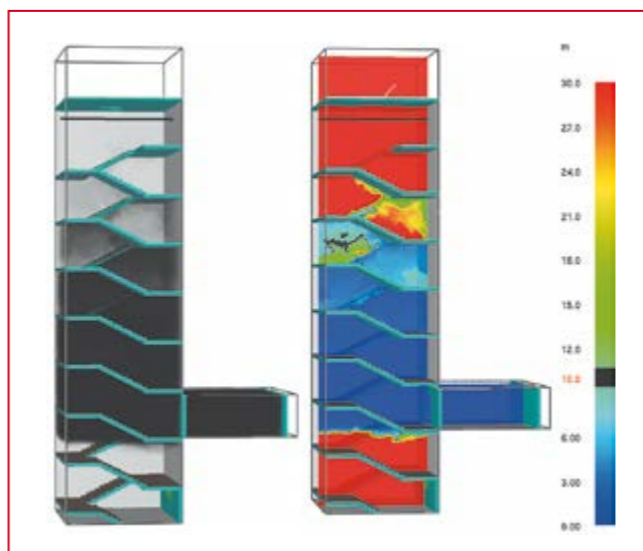
Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej informacje, warto rozważyć wyposażenie klatki schodowej w efektywny system oddymiania. Rozwiązaniem takim są systemy oddymiania wspomagane zmiennym nawiewem mechanicznym.

### Dlaczego warto stosować oddymianie wspomagane sterowanym nawiewem?

Systemy oparte na przetłaczaniu dymu przez drogę ewakuacyjną, jaką jest klatka schodowa, są niedoskonałe z samego założenia – tj. możliwości napływu dymu do klatki schodowej. Rozwiązania takie nie stanowią więc pod względem poziomu bezpieczeństwa alternatywy dla systemów zapobiegania zadymieniu (różnicowania ciśnienia). Jeżeli jednak przepisy zawarte w warunkach technicznych [1] dopuszczają jako alternatywę stosowanie takich rozwiązań w określonych przypadkach, priorytetem powinno być zbudowanie instalacji o możliwie najwyższej efektywności w jak największej liczbie przypadków, tak aby zwiększyć bezpieczeństwo podczas ewakuacji lub akcji gaśniczej konkretnego obiektu.

System oddymiania powinien więc spełniać wymagania funkcjonalne obowiązujące zarówno dla scenariusza szczelnej klatki schodowej, jak i w przypadku kiedy drzwi prowadzące do tej przestrzeni zostaną otwarte. Spełnienie wymogów funkcjonalnych jest konieczne również, gdy zmieniają się parametry pożaru, czynniki atmosferyczne lub poziom szczelności pomieszczenia, w którym zlokalizowany jest pożar. Wymagania funkcjonalne dla systemów oddymiania oraz konstrukcja i zasady projektowania efektywnych rozwiązań opisane zostały w Wytycznych CNBOP-PIB 0003:2016 [2].

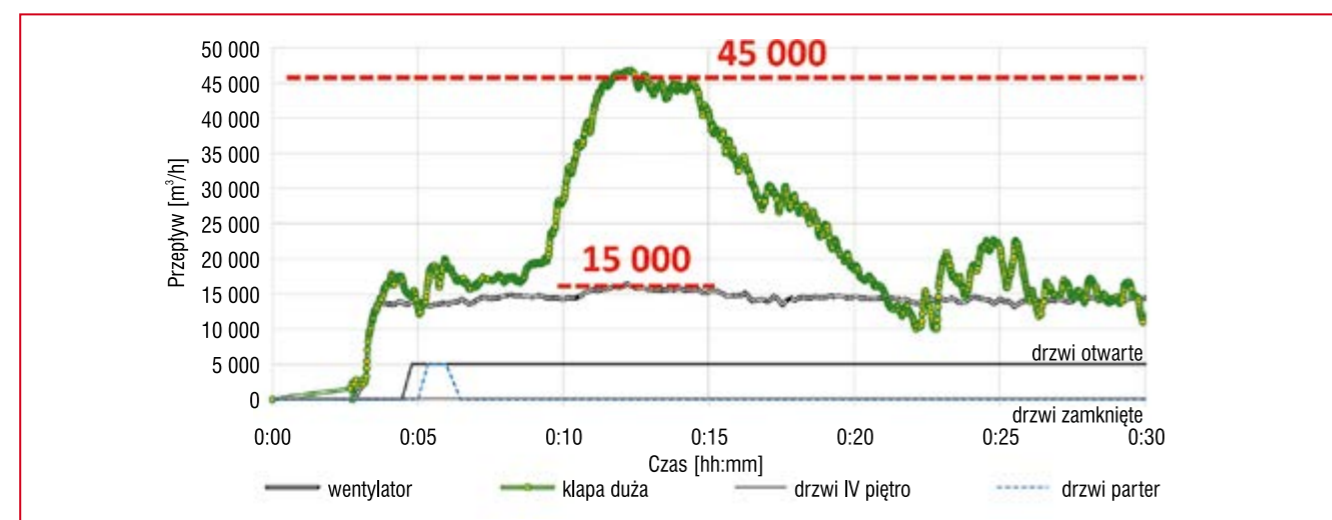
W tym miejscu trzeba podkreślić, że systemy oddymiania grawitacyjnego nie gwarantują spełnienia wymagań funkcjonalnych przy niekorzystnych warunkach zewnętrznych oraz niskich temperaturach gazów pożarowych. Jako przykład przedstawić można symulację oddymiania typowej klatki schodowej, gdzie zastosowany został system składający się z kłapy dymowej oraz pełniących funkcję napływu powietrza kompensacyjnego drzwi na parterze. Symulacja wykonana została dla okresu letniego, kiedy na skutek występowania na klatce schodowej odwróconego ciągu termicznego warunki dla



**Rys. 1.** Działanie systemu oddymiania grawitacyjnego w okresie letnim, czas: 360 s od wzniesienia pożaru projektowego

funkcjonowania systemu oddymiania są niekorzystne. Proces unoszenia ciepłego dymu (w czasie ewakuacji dym napływający do klatki schodowej może mieć niewielką temperaturę) zaburzony jest tu przez niekorzystny rozkład ciśnienia w klatce schodowej. W takich warunkach dym napływający na klatkę schodową unosił się bardzo wolno i miał tendencję do opadania poniżej kondygnacji, na której zlokalizowany był pożar (**rys. 1**).

Autorzy wytycznych CNBOP-PIB W-003: 2016 [2] jednoznacznie wskazują, że w przypadkach kiedy zalecane jest stosowanie rozwiązań mechanicznych, należy wykonać instalację nawiewną o regulowanej wydajności. Analiza zmiennych warunków przepływu powietrza i dymu podczas rozwijających się pożarów w warunkach zmieniającego się poziomu szczelności klatki schodowej wskazuje, że dla zachowania bezpieczeństwa osób znajdujących się w budynku konieczna jest



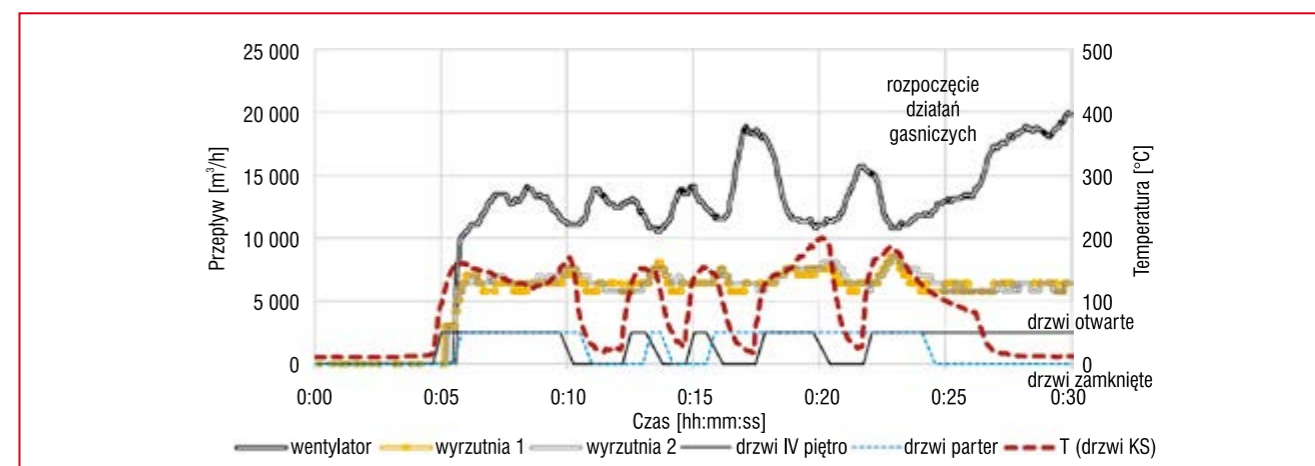
**Rys. 2.** Strumień powietrza przepływający przez kłapę dymową przy stałej wartości nawiewu w warunkach rozwiniętego pożaru – wyniki badań obiektowych

regulacja wydajności instalacji nawiewnej. W sytuacji kiedy strumień napływającego do klatki schodowej powietrza będzie miał stałą wartość, a dojdzie do szybkiego rozwoju pożaru, gwałtownie zwiększy się strumień gazów pożarowych przepływających przez urządzenie oddymiające (**rys. 2**). Skutkiem spiętrzenia gazów pożarowych jest wzrost nadciśnienia w górnej części klatki schodowej (**rys. 3**). Przy nadciśnieniu rzędu kilkunastu paskali bardzo prawdopodobne staje się przenikanie gorących gazów pożarowych do pomieszczeń sąsiadujących. Co oczywiste, w takich warunkach znacznie utrudnione staje się przetrwanie ludzi do czasu skutecznej interwencji straży pożarnej.

Zastosowanie instalacji nawiewnej o zmiennej wydajności istotnie ogranicza opisane powyżej ryzyko. Oczywiście warunkiem jest tu właściwa konstrukcja i konfiguracja systemu, gdzie wydajność instalacji nawiewnej regulowana będzie tak, żeby, niezależnie od czynników towarzyszących rozwojowi pożaru, zapewniony został na stałym poziomie przepływ objętościowy mieszanki powietrza i dymu przez urządzenie oddymiające. Na **rys. 4** przedstawiono działanie systemu oddymiania wspomaganego regulowanym nawiewem w warunkach rzeczywistego pożaru. Praktycznie jest tu realizowane zadanie utrzymania stałego wypływu przez ściennne urządzenia oddymiające (linie pomarańczowa i podwójna szara na wykresie), podczas gdy wielkość nawiewu dostosowuje się



**Rys. 3.** Przyrost nadciśnienia w klatce schodowej wywołany zwiększonym napływem gazów pożarowych do klatki schodowej – wyniki badań obiektowych



**Rys. 4.** Ilustracja działania systemu oddymiania wspomaganego zmiennym nawiewem powietrza w warunkach rzeczywistego pożaru – badania obiektowe

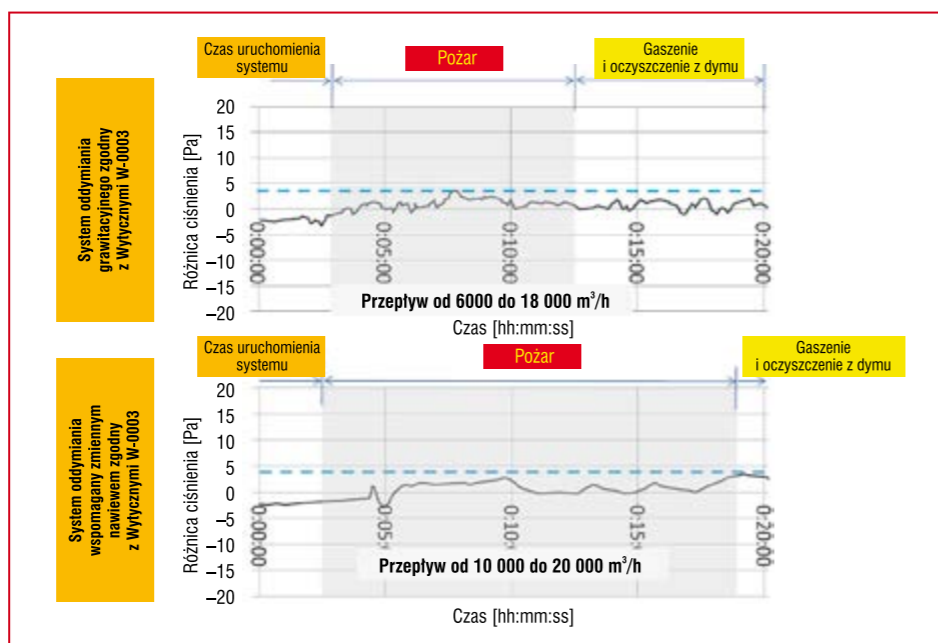
do zmiany poziomu szczelności klatki schodowej (różne konfiguracje otwartych drzwi oraz zmiana szczelności pomieszczenia przyległego), a także zmieniających się parametrów gazów pożarowych napływających do klatki schodowej (praca wentylatora nawiewnego – podwójna linia czarna na wykresie).

Dzięki takiemu zastosowaniu zmiennego nawiewu w instalacji oddymiania, podczas zmieniających się warunków towarzyszących rozwojowi pożaru, ewakuacji oraz prowadzeniu działań ratowniczych możliwa jest kontrola nadciśnienia i utrzymanie jego wartości na bezpiecznym poziomie, porównywalnym z ciśnieniami normalnie występującymi na klatce schodowej w warunkach rozwiniętego pożaru przy oddymianiu grawitacyjnym (rys. 5).

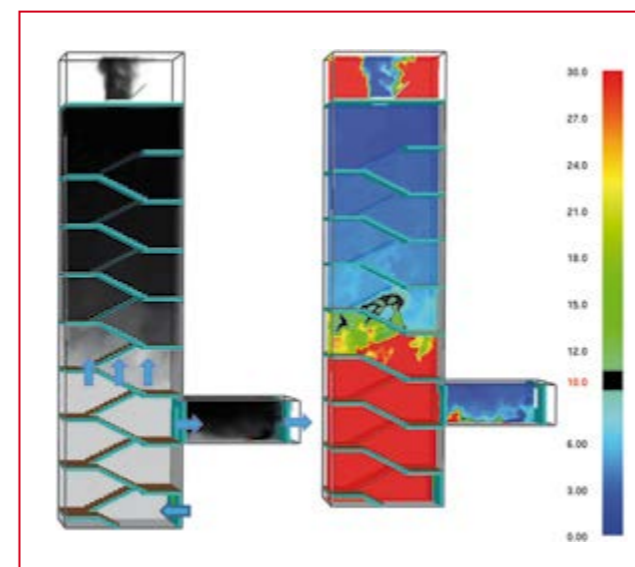
Oprócz opisanych powyżej właściwości system wspomagany regulowanym nawiewem ma dodatkowe zalety. Dzięki możliwości dostosowania nawiewu do zmieniającego się poziomu szczelności przestrzeni chronionej (np. pozostawionych otwartych drzwi wejściowych) system jest w stanie w krótkim czasie całkowicie oczyścić z dymu klatkę schodową. W trakcie pożaru stwarza to możliwość przeprowadzenia ewakuacji kondygnacji położonych powyżej tej, na której zlokalizowany jest pożar (pod warunkiem zabezpieczenia drzwi na kondygnacji objętej pożarem). Ponadto po ugaszeniu pożaru możliwe jest szybkie oczyszczenie budynku z dymu, co ogranicza straty związane z pożarem.

Podczas prowadzenia działań gaśniczych opisywany system może pełnić funkcję taką, jaką w założeniu spełnić powinny przenośne wentylatory PPV – chodzi tu o tzw. natarcie ciśnieniowe. Po otwarciu drzwi do pomieszczenia, w którym zlokalizowany jest pożar, i wypadnięciu lub wybiściu okien, zwiększona wydajność instalacji nawiewnej może skutecznie zapobiegać wypływowi dymu na klatkę schodową, pozwalając strażakom

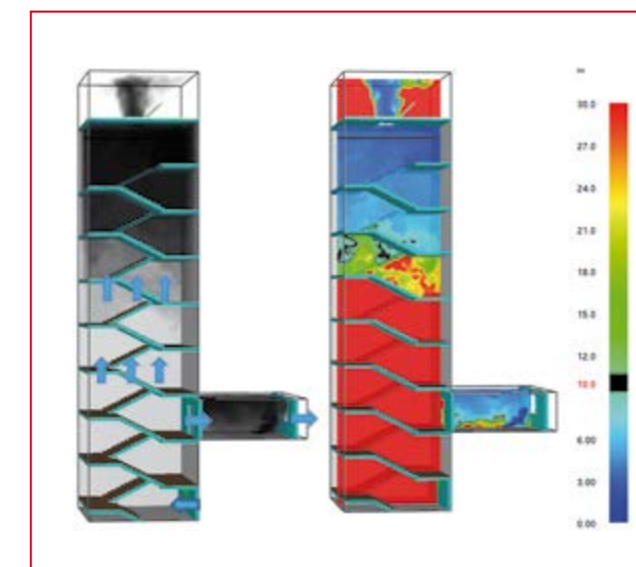
na prowadzenie natarcia zgodnie ze strumieniem chłodnego powietrza. Dym wypychany jest przez wybite okna i następuje jednocześnie oczyszczanie kolejnych kondygnacji klatki schodowej. Takie działanie instalacji oddymiania ze zmiennym nawiewem mechanicznym ilustrują wyniki symulacji (rys. 6 i 7).



**Rys. 5.** Porównanie realnego poziomu nadciśnienia w górnej części klatki schodowej zmierzonego podczas prób pożarowych systemu oddymiania grawitacyjnego oraz systemu wspomaganego zmiennym nawiewem



**Rys. 6.** Praca systemu zgodnego z wytycznymi CNBOP-PIB [2] przy maksymalnej wydajności 19 000 m<sup>3</sup>/h (510 s od inicjacji pożaru)



**Rys. 7.** Praca systemu zgodnego z wytycznymi CNBOP-PIB [2] przy maksymalnej wydajności 19 000 m<sup>3</sup>/h (560 s od inicjacji pożaru)

## Podsumowanie

Wybierając instalacje oddymiania klatek schodowych alternatywne wobec urządzeń służących zapobieganiu zadymieniu, należy pamiętać, że są one znacznie bardziej podatne na oddziaływanie czynników zewnętrznych (np. efektu nieznacznego ciągu termicznego, parcia wiatru) i zjawisk kształtujących przepływ powietrza i dymu podczas pożaru.

Dla zapewnienia warunków przynajmniej częściowej ewakuacji budynku lub możliwości przetrwania pożaru (do czego obligują zarówno WT, jak i ustawa o ochronie ppoż.) konieczne jest stosowanie przetestowanych, skutecznych rozwiązań technicznych. System oddymiania klatki schodowej o zwiększanej wydajności nawiewu, skonstruowany tak, jak przewidują to Wytyczne CNBOP-PIB [2], pozwala nie tylko na usuwanie dymu z klatki schodowej, jak w innych alternatywnych rozwiązaniach inżynierskich, ale również na ograniczenie zadymienia tej przestrzeni w dodatkowych, przedstawionych powyżej sytuacjach. Warto również wspomnieć, że po dwóch latach funkcjonowania planowane jest w marcu br. przedstawienie nowego wydania tego standardu, w którym zawarte zostaną zmiany podyktowane nowelizacją warunków technicznych oraz uwzględniające niektóre postulaty zgłaszane przez projektantów po jego pierwszym wydaniu.

dr inż. Grzegorz Kubicki

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska

**Literatura:** <http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4679,oddymianie-klatek-schodowych-wspomagane-sterowanym-nawiewem.-dlaczego-warto-stosowac-takie-rozwiazanie>



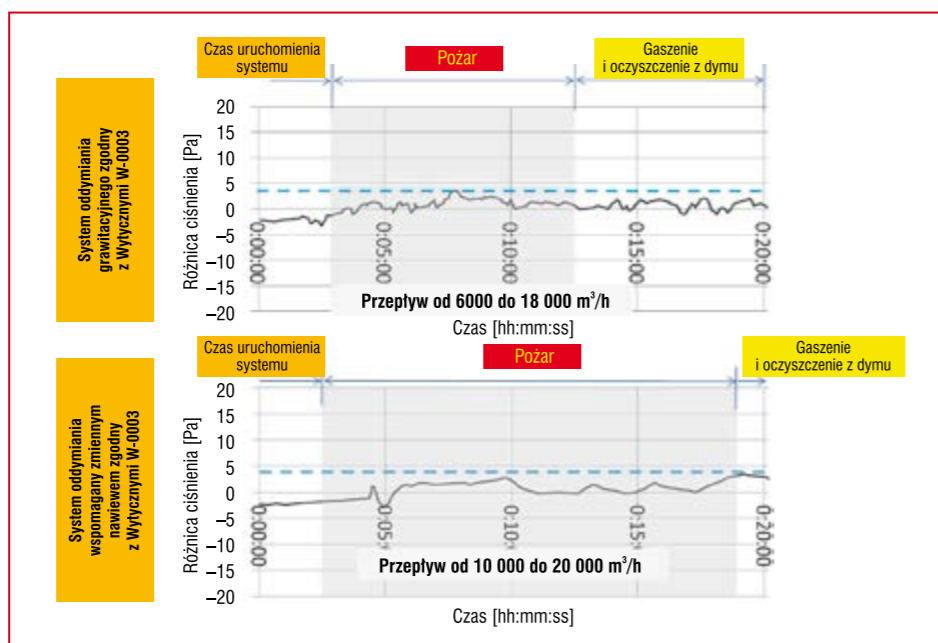
do zmiany poziomu szczelności klatki schodowej (różne konfiguracje otwartych drzwi oraz zmiana szczelności pomieszczenia przyległego), a także zmieniających się parametrów gazów pożarowych napływających do klatki schodowej (praca wentylatora nawiewnego – podwójna linia czarna na wykresie).

Dzięki takiemu zastosowaniu zmiennego nawiewu w instalacji oddymiania, podczas zmieniających się warunków towarzyszących rozwojowi pożaru, ewakuacji oraz prowadzeniu działań ratowniczych możliwa jest kontrola nadciśnienia i utrzymanie jego wartości na bezpiecznym poziomie, porównywalnym z ciśnieniami normalnie występującymi na klatce schodowej w warunkach rozwiniętego pożaru przy oddymianiu grawitacyjnym (rys. 5).

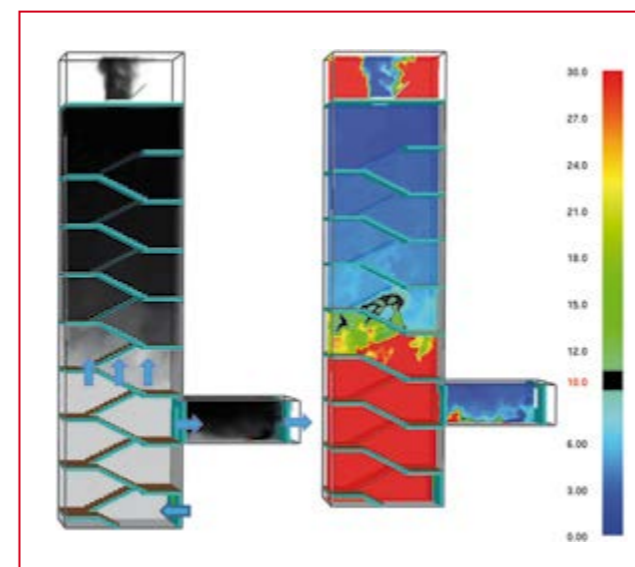
Oprócz opisanych powyżej właściwości system wspomagany regulowanym nawiewem ma dodatkowe zalety. Dzięki możliwości dostosowania nawiewu do zmieniającego się poziomu szczelności przestrzeni chronionej (np. pozostawionych otwartych drzwi wejściowych) system jest w stanie w krótkim czasie całkowicie oczyścić z dymu klatkę schodową. W trakcie pożaru stwarza to możliwość przeprowadzenia ewakuacji kondygnacji położonych powyżej tej, na której zlokalizowany jest pożar (pod warunkiem zabezpieczenia drzwi na kondygnacji objętej pożarem). Ponadto po ugaszeniu pożaru możliwe jest szybkie oczyszczenie budynku z dymu, co ogranicza straty związane z pożarem.

Podczas prowadzenia działań gaśniczych opisywany system może pełnić funkcję taką, jaką w założeniu spełnić powinny przenośne wentylatory PPV – chodzi tu o tzw. natarcie ciśnieniowe. Po otwarciu drzwi do pomieszczenia, w którym zlokalizowany jest pożar, i wypadnięciu lub wybięciu okien, zwiększona wydajność instalacji nawiewnej może skutecznie zapobiegać wypływowi dymu na klatkę schodową, pozwalając strażakom

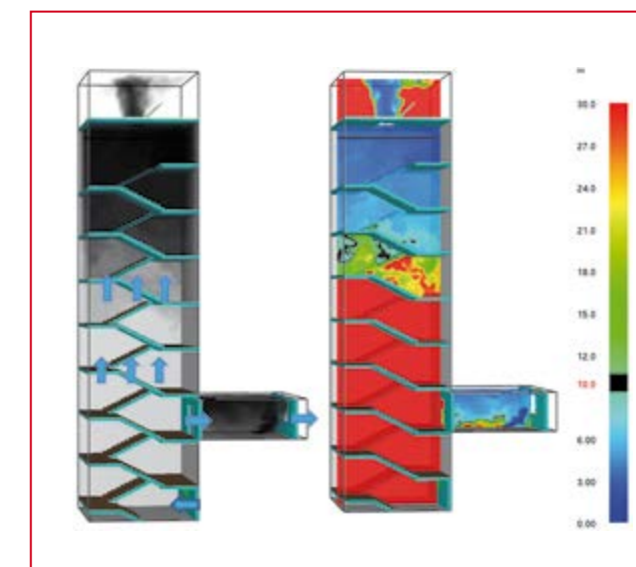
na prowadzenie natarcia zgodnie ze strumieniem chłodnego powietrza. Dym wypychany jest przez wybite okna i następuje jednocześnie oczyszczanie kolejnych kondygnacji klatki schodowej. Takie działanie instalacji oddymiania ze zmiennym nawiewem mechanicznym ilustrują wyniki symulacji (rys. 6 i 7).



**Rys. 5.** Porównanie realnego poziomu nadciśnienia w górnej części klatki schodowej zmierzonego podczas prób pożarowych systemu oddymiania grawitacyjnego oraz systemu wspomagane zmiennym nawiewem



**Rys. 6.** Praca systemu zgodnego z wytycznymi CNBOP-PIB [2] przy maksymalnej wydajności 19 000 m<sup>3</sup>/h (510 s od inicjacji pożaru)



**Rys. 7.** Praca systemu zgodnego z wytycznymi CNBOP-PIB [2] przy maksymalnej wydajności 19 000 m<sup>3</sup>/h (560 s od inicjacji pożaru)

## Podsumowanie

Wybierając instalacje oddymiania klatek schodowych alternatywne wobec urządzeń służących zapobieganiu zadymieniu, należy pamiętać, że są one znacznie bardziej podatne na oddziaływanie czynników zewnętrznych (np. efektu nieznacznego ciągu termicznego, parcia wiatru) i zjawisk kształtujących przepływ powietrza i dymu podczas pożaru.

Dla zapewnienia warunków przynajmniej częściowej ewakuacji budynku lub możliwości przetrwania pożaru (do czego obligują zarówno WT, jak i ustawa o ochronie ppoż.) konieczne jest stosowanie przetestowanych, skutecznych rozwiązań technicznych. System oddymiania klatki schodowej o zwiększonej wydajności nawiewu, skonstruowany tak, jak przewidują to Wytyczne CNBOP-PIB [2], pozwala nie tylko na usuwanie dymu z klatki schodowej, jak w innych alternatywnych rozwiązaniach inżynierskich, ale również na ograniczenie zadymienia tej przestrzeni w dodatkowych, przedstawionych powyżej sytuacjach. Warto również wspomnieć, że po dwóch latach funkcjonowania planowane jest w marcu br. przedstawienie nowego wydania tego standardu, w którym zawarte zostaną zmiany podyktowane nowelizacją warunków technicznych oraz uwzględniające niektóre postulaty zgłaszane przez projektantów po jego pierwszym wydaniu.

dr inż. Grzegorz Kubicki

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska

**Literatura:** <http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4679,oddymianie-klatek-schodowych-wspomagane-sterowanym-nawiewem.-dlaczego-warto-stosowac-takie-rozwiazanie>

## Garażowe detektory gazów

**W garażach sprawna wentylacja i systemy wykrywania niebezpiecznych gazów mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa użytkownika. Nadmiar spalin, wycieki LPG czy dymy z pożarów to czynniki zagrażające zdrowiu, a nawet życiu użytkowników. Garaże otwarte są w niewielkim stopniu narażone na takie niebezpieczeństwa, ale zamknięte obiekty wielostanowiskowe muszą być już wyposażone w skuteczny system wykrywania niebezpiecznych substancji.**

Prawo wymaga wykrywania w wielostanowiskowych garażach zamkniętych dwóch rodzajów gazów: tlenku węgla (CO) i LPG (jeśli nie ma zakazu wjazdu pojazdów z instalacją gazową). Nakłada także obowiązek instalacji detektorów sterujących pracą wentylacji, tak by nadmiar tych substancji mógł zostać skutecznie usunięty.

## Wymagania prawne – przypomnienie

Zasady wentylacji garaży określa rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wynika z niego, że garaże otwarte wymagają stosowania przewietrzania naturalnego – łączna wielkość niezamykanych otworów w ścianach zewnętrznych na każdej kondygnacji nie może być mniejsza niż 35% powierzchni jej ścian.

Garaże zamknięte nieogrzewane nadziemne, wolnostojące i przybudowane lub wbudowane w inne budynki powinny mieć wentylację co najmniej naturalną przez otwory wentylacyjne nie mniejsze niż 0,04 m<sup>2</sup> na każde stanowisko.

Garaże zamknięte do 10 stanowisk postojowych, ogrzewane nadziemne lub częściowo zagłębione powinny mieć wentylację co najmniej grawitacyjną zapewniającą 1,5-krotną wymianę powietrza na godzinę.

W garażach zamkniętych powyżej 10 stanowisk postojowych oraz z kanałami rewizyjnymi należy stosować wentylację mechaniczną sterowaną czujkami tlenku węgla.

W garażach zamkniętych z samochodami na LPG – jeśli dopuszcza się ich parkowanie i poziom podłogi znajduje się poniżej poziomu terenu – należy stosować wentylację mechaniczną sterowaną czujnikami stężenia gazu propan-butan. W takich garażach zabronione jest instalowanie studzienek rewizyjnych i nie powinny się w nich znajdować miejsca, w których mógłby się gromadzić gaz cięższy od powietrza. Garaże zamknięte o powierzchni powyżej 1500 m<sup>2</sup> wymagają stosowania samoczynnych urządzeń oddymiających.

Przepisy nie określają wymagań dla garaży, w których parkują samochody osobowe z silnikami zasilanymi sprężonym gazem ziemnym – CNG (metanem). Jednak przy projektowaniu i budowie lub modernizacji instalacji wentylacyjnych w garażach zamkniętych warto przewidzieć w instalacji miejsce na detektory CNG.

## Stosowane sensory

Zadaniem garażowych detektorów jest wykrywanie niebezpiecznych gazów w powietrzu i zapewnienie bezpieczeństwa osobom przebywającym w obszarze oddziaływania szkodliwych substancji.

Elementem czynnym w detektorze gazu jest czujka – podzespół, który reaguje na wykrywany gaz. Czujkę charakteryzują dwa istotne parametry: czułość i selektywność. Im większa czułość sensora, tym niższe stężenie badanego gazu może on wykryć. Selektywność mówi natomiast o braku podatności na inne gazy mogące wywoływać podobne procesy jak gaz badany. Im wyższa selektywność, tym w mniejszym stopniu sensor reaguje na gazy zakłócające. Z punktu widzenia użytkownika ważny jest także krótki czas reakcji, szybki powrót do stanu wyjściowego oraz stabilność. Ten ostatni wskaźnik wyraża się najczęściej odstępem czasowym między kalibracjami czujnika (od 6 miesięcy do 2–3 lat).

W detektorach elektronicznych najczęściej stosuje się sensory:

- elektrochemiczne, wykorzystywane głównie do wykrywania gazów toksycznych. Ważnym parametrem takiego sensora jest jego selektywność – należy pamiętać, że nie będzie ona wynosić 100%, ponieważ sensor może reagować także na obecność innych gazów o podobnych właściwościach chemicznych. Dużą zaletą takiego detektora jest jego wysoka czułość wynikająca ze specyfiki procesu detekcji;
  - optyczne (na podczerwień), stosowane przede wszystkim do wykrywania stężeń CO<sub>2</sub>, metanu i propanu-butanu. Czujniki takie są bardzo precyzyjne. Wykorzystuje się w nich zjawisko pochłaniania promieniowania podczerwonego przez cząsteczkowe wiązania chemiczne;
  - półprzewodnikowe, stosowane głównie do wykrywania tlenku węgla (CO). Na powierzchni półprzewodnikowego elementu pomiarowego o określonej temperaturze adsorbowany jest gaz, który zmienia opór przewodnika. Liczbowa wielkość tej zmiany jest przeliczana na stężenie gazu w powietrzu. Sensory półprzewodnikowe charakteryzują się prostą budową i trwałością.
- Progi alarmowe dla tlenku węgla określa norma PN-EN 50545-1. Podaje trzy wartości, przy których należy stopniowo załączać urządzenia wentylacyjne (a po drugim progu uruchamiać tablice ostrzegawcze i sygnały alarmowe):
- alarm 1 – 30 ppm (średnia z 15 minut),

- alarm 2 – 60 ppm (średnia z 15 minut),
- alarm 3 – 150 ppm (średnia z 1 minuty).

Detektory LPG reagują na przekroczenie wartości progowej powiązanej z tzw. granicą wybuchowości. Zwykle przy stężeniu wynoszącym 5–30% dolnej granicy wybuchowości detektor powoduje uruchomienie wentylacji i sygnałów alarmowych.

## Ile detektorów?

Liczba detektorów zależy przede wszystkim od wielkości garażu. Przyjmuje się, że obszar skutecznego działania jednego urządzenia to okrąg o promieniu 8 m (ok. 200 m<sup>2</sup>). Jeśli detektor zamontowany jest na ścianie, obszar jego działania jest o mniej więcej połowę mniejszy i wynosi ok. 100 m<sup>2</sup>.

Bardzo ważna jest też wysokość montażu. Dla detektorów tlenu węgla przyjmuje się ok. 1,8 m nad poziomem posadzki, ale nie tuż pod stropem, gdzie mogą gromadzić się gorące spaliny mogące „zatruć” detektor. Z kolei propan-butan jest gazem cięższym od powietrza (ok. dwukrotnie) i będzie zalegał przy posadzce. Stąd maksymalna wysokość montażu czujnika LPG wynosi 0,2–0,3 m (w zależności od zaleceń producenta) nad poziomem podłogi. Taka lokalizacja powoduje większą podatność na uszkodzenia mechaniczne (np. oderwanie od ściany), czujniki LPG należy więc zabezpieczyć specjalnymi osłonami.

Oprac. red.

**HEKATO**  
electronics

## DETEKTORY GAZÓW

Hekato Electronics Sp. z o.o. to polski, prężnie działający producent profesjonalnych systemów detekcji gazów. Oferowane przez nas produkty utożsamiane są zarówno z najwyższą jakością, jak i estetycznym, często innowacyjnym wzornictwem. Naszym celem jest dostawa nowoczesnych rozwiązań technologicznych, służących ludziom poprzez zapewnianie im maksymalnego komfortu użytkowania, bezpieczeństwa oraz ergonomii. Wierzymy, że zorientowane na użytkownika podejście do technologii tworzy produkty najwyższej jakości, w pełni funkcjonalne, przyjazne w użytkowaniu i serwisie.

### GARAŻE, PARKINGI, TUNELE

Mikroprocesorowe detektory gazów służące do ciągłej kontroli stężenia tlenu węgla, propanu-butanu, dwutlenku węgla, dwutlenku azotu. Detektory te umożliwiają optymalne i ekonomiczne sterowanie wentylacją bytową w celu przewietrzenia pomieszczeń oraz obniżenia nadmiernego stężenia gazów. Elektroniczny układ pomiarowy analizuje w sposób ciągły skład chemiczny otaczającego środowiska. Wysokość progów alarmowych oraz sposób pomiaru stężenia jest uzależniony od konkretnego gazu. Przekroczenie zadanego stężenia może być sygnalizowane za pomocą tablic ostrzegawczych, stanowiących część systemu detekcji. Układ pomiarowy posiada kompensację temperaturową, umożliwiając tym samym zastosowanie w szerokim spektrum temperaturowym. System jest bardzo prosty w montażu i eksploatacji. Do poprawnego działania wymaga rekalkibracji (co 3 lata) – najczęściej wymiany modułu w wzorcowanym czujniku, co może być przeprowadzone bezpośrednio na obiekcie bez konieczności wyłączenia go z użytkowania.

W zależności od typu obiektu, jego wielkości czy wymagań użytkownika, detektory produkowane w dwóch seriach: przekaźnikowe oraz z komunikacją Modbus. Detektory przekaźnikowe nie wymagają dodatkowych elementów sprzęgających czy nadrzędnych central, a jedynie podłączenia do styczników sterujących. Detektory z komunikacją Modbus, po połączeniu z modułem sterującym lub sterownikiem PLC, pozwalają na dostęp do parametrów pracy każdego z podłączonych detektorów. Dzięki adresacji urządzeń umożliwiają dokładne zlokalizowanie występowania nadmiernych stężeń, usterki czy awarii, dostęp do chwilowego stężenia, czasu pracy pozostałego do rekalkibracji i wielu innych parametrów, które mogą być przekazywane do BMS.

Nowością w ofercie garażowych systemów jest detektor dwugazowy służący do ciągłej kontroli stężenia tlenu węgla oraz dwutlenku azotu. Pełni on funkcję sterownika do wentylacji bytowej w celu obniżenia nadmiernego stężenia gazów spalinowych zarówno z samochodów benzynowych (tlenek węgla), jak i samochodów z silnikiem Diesla (dwutlenek azotu). Zastosowanie jednej obudowy sprawia, że rozwiązanie jest również ekonomiczne.

### INNE ZASTOSOWANIA

W naszej ofercie znajdują Państwo również detektory oraz gotowe rozwiązania do zastosowania w budynkach biurowych czy hotelach (detekcja dwutlenku węgla, detekcja czynników chłodniczych), jak również w kotłowniach, halach przemysłowych czy szklarniach (detekcja dwutlenku węgla, system do detekcji metanu).

**DODATKOWO W OFERCIE:** detektory kondensacji pary wodnej, tablice sygnalizacyjne optyczno-akustyczne, sygnalizatory optyczno-akustyczne, osłony do detektorów, szafy sterownicze, przetworniki różnicy ciśnień, presostaty itp. peryferia automatyki i akcesoria.

**NASZE USŁUGI:** wzorcowanie czujników, gwarancyjny i pogwarancyjny serwis detektorów, montaż i uruchomienie systemu detekcji na obiektach, dobór i projektowanie detekcji, wsparcie techniczne dla projektantów, szkolenia projektowe, instalacyjne.

Skontaktuj się z nami!

Więcej informacji na [www.hekato.pl](http://www.hekato.pl).

**HEKATO ELECTRONICS SP. Z O.O.**  
54-617 Wrocław, ul. Karpacka 22  
tel. 605 966 922, [biuro@hekato.pl](mailto:biuro@hekato.pl)

[www.hekato.pl](http://www.hekato.pl)



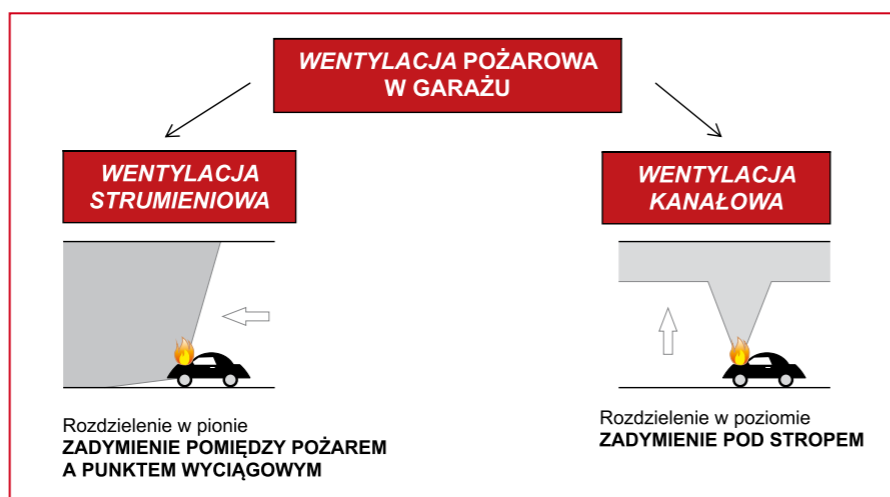
## Analiza poprawności odwzorowania wypływu strugi swobodnej izotermicznej z wentylatora strumieniowego

**Wentylatory strumieniowe indukują bardzo dużą ilość powietrza, zależną od ich lokalizacji w danej przestrzeni. Zbyt duża liczba wentylatorów strumieniowych w stosunku do wydajności punktu wyciągowego może spowodować w tym punkcie powstanie nadciśnienia i przepływ dymu do miejsc o niższym ciśnieniu, nawet pod punkt nawiewny. Tym samym może dojść do pełnego zadymienia przestrzeni garażu. Dlatego bardzo ważna jest poprawna analiza numeryczna i modelowanie strug swobodnych wentylatorów strumieniowych zastosowanych w danym projekcie.**

Praktyka zawodowa ostatnich lat pokazała, że praktycznie dla każdego projektu wentylacji strumieniowej garażu w Polsce wykonywana jest komputerowa analiza numerycznej mechaniki płynów CFD. Jednym z głównych kryteriów możliwości przełożenia wyników analiz CFD na warunki rzeczywiste jest poprawne zamodelowanie strug swobodnych wentylatorów strumieniowych zastosowanych w danym projekcie. W wentylacji strumieniowej garaży kształt strugi nawiewanej przez wentylatory ma bardzo istotny wpływ na działanie instalacji.

Instalacja oddymiająca strumieniowa w odróżnieniu od wentylacji kanałowej doprowadza (w dużym uproszczeniu) do podziału przestrzeni garażu w pionie na część zadymioną i część wolną od dymu – **rys. 1**. Wentylacja oddymiająca kanałowa natomiast utrzymuje dym pod stropem, doprowadzając do podziału w poziomie na część zadymioną i wolną od dymu.

Aby uzyskać podział w pionie (oczywiście w przybliżeniu), konieczna jest znajomość parametrów wentylatorów, które do tego doprowadzają, łącznie z indukcją powietrza, jaką te urządzenia wywołują. Jest to o tyle istotne, że indukcja powietrza powodowana wysoką prędkością wylotową wentylatora strumieniowego



Rys. 1. Podstawowa różnica pomiędzy wentylacją strumieniową i kanałową

jest w stanie poruszyć znaczną masę powietrza pomimo niskiej wydajności samego wentylatora. Strumień masy powietrza w przestrzeni garażu poruszony za pomocą wentylatorów strumieniowych, który jest następnie odbierany przez punkty wyciągowe systemu wentylacji strumieniowej, ma za zadanie utrzymać zadymienie w określonej przestrzeni garażu. Żeby poprawnie doprowadzić do takiego ukształtowania przepływów, które utrzymają dym w strefie dymowej, konieczna jest przynajmniej znajomość izotach konkretnych prędkości.

Kształt pola prędkości strugi wylotowej uzyskiwany z wentylatora strumieniowego, o wartości np. 2 lub 1 m/s, niejednokrotnie w praktyce stanowi podstawę projektową do rozmieszczenia wentylatorów strumieniowych w przestrzeni garażu. Przy braku istotnych danych, bardzo trudnych do uzyskania, projektanci często posługują się wartościami podstawowymi, jak np. zasięg strugi, po którym prędkość zaindukowanego powietrza zmaleje poniżej wspomnianych wcześniej wartości 2 lub 1 m/s. Stworzona na podstawie konkretnych izotach czy właśnie zasięgu strugi swobodnej wentylatora koncepcja systemu wentylacji strumieniowej trafia następnie do analizy CFD, gdzie jest weryfikowana ze znacznie większą dokładnością.

## Metoda analityczna

W warunkach, które autorzy uznali za miarodajne na potrzeby artykułu, przeprowadzono obliczenia analityczne oraz analizy CFD wybranych wentylatorów strumieniowych o średnicy  $d=0,355$  m. Zasada działania wentylatora strumieniowego polega na tym, że wyrzuca on strugę powietrza z dużą prędkością, zwykle pomiędzy 14 a 24 m/s, a powietrze to dzięki swojej lepkości kinematycznej oddziałuje na cząsteczki powietrza w przestrzeni garażu po stronie tłocznej wentylatora, czyli siłami tarcia wprawia je w ruch w tę samą stronę, w którą dmucha wentylator, wywołując w ten sposób zjawisko indukcji. Dzięki temu zjawisku wentylator strumieniowy o wydajności np. 7000 m<sup>3</sup>/h potrafi wywołać przepływ ponad 45 000 m<sup>3</sup>/h po stronie nawiewnej, w odległości 15–25 m od otworu wylotowego, tyle że ze znacznie mniejszą prędkością. Wszystkie te wartości zależą oczywiście ściśle od samego wentylatora, ale także od miejsca jego montażu względem ścian, belek itp. Aby móc przewidzieć, czy największa indukcja powstanie w odległości 15 czy 25 m od wylotu wentylatora, przeprowadzono kilka analiz.

## Parametry i wzory opisujące analityczny rozkład prędkości w strudze swobodnej oraz krzywe profilu prędkości w strudze swobodnej (izotachy)

W celu dokonania przeglądu dostępnej wiedzy wykonano obliczenia analityczne zależności między prędkością w osi przewodu wylotowego i odległością od otworu wylotowego. Prędkość w osi strugi swobodnej, czyli profil prędkości w osi otworu wylotowego, obliczono na podstawie wzoru [2]:

$$u(x, r) = v_x x^{-\frac{1}{2} \left( \frac{r}{kx} \right)^2} = \frac{k_0 v_0 2r_0}{x} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{r}{kx} \right)^2} \quad (1)$$

Wykonano również obliczenia analityczne pól prędkości w odległości  $r$  od osi przewodu wylotowego do odległości od otworu wylotowego [1]. Długość rdzenia okrągłego strumienia swobodnego:

$$x_0 = \frac{2r_0}{m} = \frac{d}{m} \quad (2)$$

Okrągły strumień swobodny:

$$\frac{v_x}{v_0} = \frac{x_0}{x} = \frac{2r_0}{m} \quad (3)$$

Prędkość składowa w osi  $X$  swobodnego strumienia okrągłego:

$$v_x = v_0 \cdot \frac{x_0}{x} \quad (4)$$

Prędkość składowa równoległa do osi  $X$  w odległości  $r$  od osi  $X$ :

$$v_r = v_x \cdot e^{-2 \left( \frac{r}{mx} \right)^2} \quad (5)$$

gdzie:

$u(x, r)$  – profil prędkości;

$x$  – odległość od otworu wylotowego w osi przewodu;

$r$  – odległość od osi przewodu wylotowego;

$x_0$  – długość jądra strumienia, 2,09 m;

$v_0$  – prędkość w otworze wylotowym, 20,115 m/s;

$v_x$  – prędkość w osi przewodu wylotowego w odległości od otworu wylotowego;

$r_0$  – promień otworu wylotowego, 0,1775 m;

$d$  – średnica otworu wylotowego, 0,355 m;

$k$  – stała, 0,09;

$k_0$  – stała, 5,41;

$\alpha$  – kąt rozszerzenia strumienia izotermicznego, 24°;

$m$  – współczynnik mieszania w zakresie od 0,15 do

0,25, przyjęto 0,17;

$e$  – podstawa logarytmu naturalnego, 2,718.

Na **rys. 2** pokazano, jak na skutek lepkości kinematycznej następuje wyhamowanie prędkości powietrza pomiędzy 3 a 8 metrem od wylotu wentylatora [1, 2]. Załamanie to wskazuje na obszar największej indukcji powietrza [3].

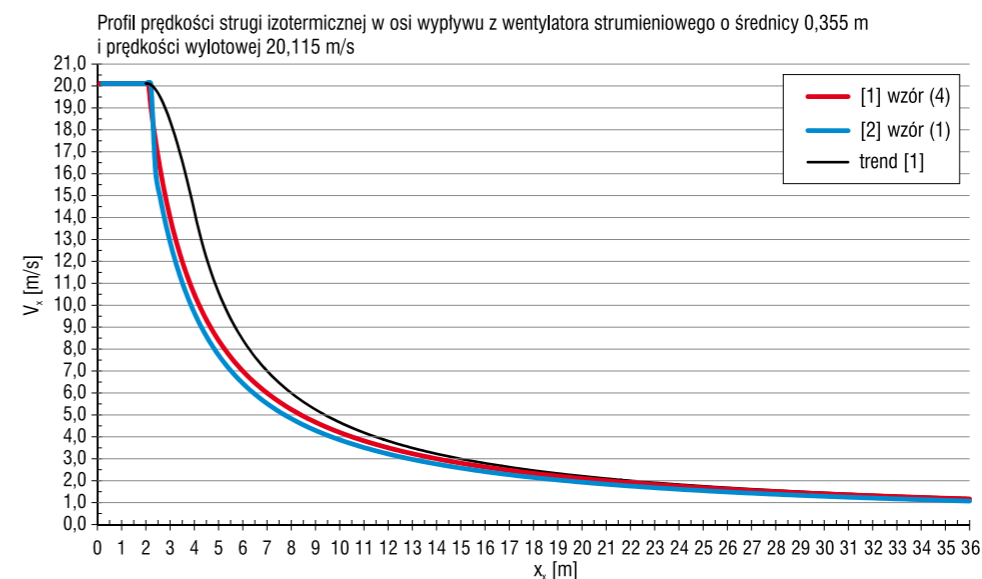
Na **rys. 3** widoczny jest rozkład prędkości powietrza w zależności od odległości od osi przewodu wylotowego.

## Metoda numeryczna CFD

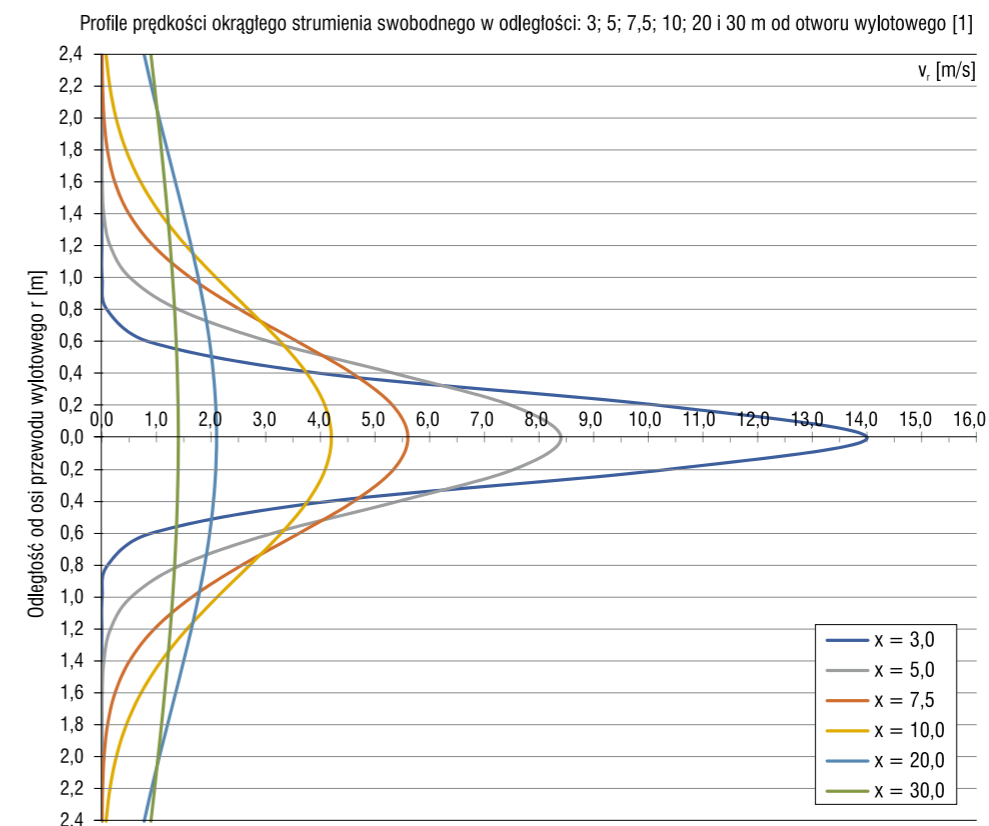
### Charakterystyka metody CFD oraz oprogramowania FDS 6.5.3 i FDS 5.5.3

Obliczenia numeryczne mechaniki płynów wykonano za pomocą programu Fire Dynamics Simulator (FDS) w wersji 6.5.3 [6], którego twórcą jest National Institute of Standard and Technology NIST U.S. Department of Commerce, przy współpracy VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. [6].

W inżynierii bezpieczeństwa pożarowego szerokie zastosowanie znalazły obliczenia numeryczne komputerowej mechaniki płynów (ang. Computational Fluid Dynamics – CFD). Program FDS jest



**Rys. 2.** Zależność prędkości w osi strugi swobodnej i odległości od otworu wylotowego wg [1 i 2]



**Rys. 3.** Prędkość powietrza poza osią okrągłego strumienia swobodnego w odległości  $r$  [m] od osi przewodu wylotowego [1] (profil prędkości)

obecnie najczęściej stosowany w tym zakresie i stworzony do obliczeń mechaniki płynów w wentylacji pożarowej. Do analiz przeprowadzonych w FDS 6.5.3 przyjęto następujące założenia:

- ciśnienie atmosferyczne: 1013,25 hPa;
- temperatura otoczenia: 20°C, wilgotność względna: 50%;
- podstawowe materiały użyte do budowy modelu: żelbet, stal;
- metoda obliczeniowa: Large Eddy Simulation (LES), metoda wielkich wirów;
- model turbulencji: model Deardorffa;
- siatka obliczeniowa: 0,075×0,075×0,075 m dla modelu 1, co dało 6 272 000 komórek, oraz 0,15×0,15×0,15 m dla modelu 2, co dało 784 000 komórek.

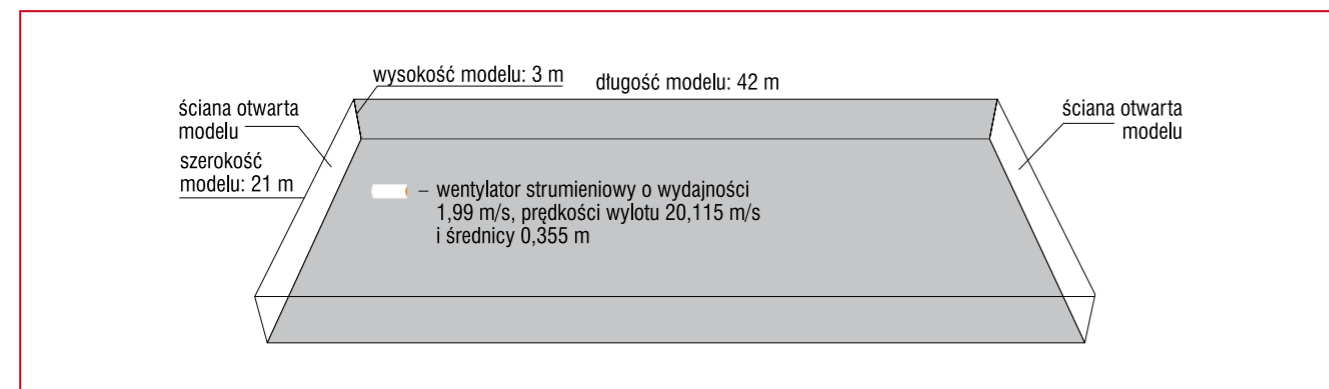
Wykonano modele o wymiarach: szerokość 21 m, wysokość 3 m i długość 42 m (**rys. 4**). Obudowę modeli w całości stanowi żelbet, z wyjątkiem ścian 21×3 m, które stanowią wlot i wylot swobodny dla przepływu wywołanego pracą zastosowanego wentylatora strumieniowego. W odległości 5,4 m od otwartej ściany modeli CFD zlokalizowano otwór wylotowy wentylatora strumieniowego o wydajności 1,99 m<sup>3</sup>/s i średnicy 0,355 m. Dla modelu 1 o siatce obliczeniowej 0,075×0,075×0,075 m oś przewodu wylotowego zlokalizowana została 2,475 m nad podłogą. Dla modelu 2 o siatce 0,15×0,15×0,15 m oś wentylatora zlokalizowano 2,55 m ponad podłogą. Różnica w wysokości zawieszenia wentylatora wynikała wyłącznie z zastosowania innej siatki obliczeniowej.

Dla porównania analizę wentylatora strumieniowego wykonano dodatkowo w FDS 5.5.3. Jest to starsza wersja tego programu, jednak w praktyce została w niej wykonana znaczna liczba analiz dla wentylacji strumieniowej, a program ten wykorzystywał inny model turbulencji, trudniejszy w użyciu, i w wielu przypadkach przedstawiał poprawne odwzorowanie strugi swobodnej.

Do analiz przyjęto większość parametrów tak jak dla wersji 6.5.3, a istotne różnice to:

- model turbulencji: model Smagorinskiego [7];
- siatka obliczeniowa; 0,15×0,15×0,15 m dla modelu 3, co dało 2 794 398 komórek.

W programie FDS 5.5.3 wszystkie modele domyślnie liczone są z użyciem stałej wartości współczynnika Smagorinskiego:  $C_s = 0,2$ . Jest to wystarczający model do obliczeń, w których występuje



**Rys. 4.** Model do analizy CFD strugi swobodnej wentylatorów strumieniowych wykonany w programie FDS 6.5.3

odpowiednio wysoka liczba Reynoldsa oraz niskie prędkości, np. poniżej 8 m/s. Model ten ma jednak tendencję do zbyt wysokiego szacowania rozpraszania energii kinetycznej. Dzieje się tak dlatego, że lepkość nie ma zbieżności w punkcie zero w odpowiednim stosunku. Wartość ta będzie niezerowa tak długo, jak naprężenie jest obecne w przepływie. Dlatego w przypadkach występowania wysokich prędkości zazwyczaj uzyskiwano wyniki odbiegające od akceptowalnych. W praktyce zastosowanie tej wersji programu do wentylacji strumieniowej wymagało zmiany parametru  $C_s$  na 0,12. Najlepsze rezultaty uzyskiwano jednak poprzez użycie funkcji: `DYNSMAG = .TRUE.`, jak na przedstawionych rysunkach hali i wentylatora strumieniowego. Wpisanie na linii MISC programu FDS powoduje, że współczynnik Smagorinskiego jest obliczany i zmieniany w zależności od miejsca w modelu i czasu. Przyjęto, że współczynnik ten waha się od 0,00 do ok. 0,30, ze średnią wartością 0,17 [7]. Model dynamiczny lepiej przedstawia analizowany problem, wymaga jednak także wyższych mocy obliczeniowych, powoduje też niestabilność obliczeń i zmianę niektórych parametrów pożaru projektowego, przez co potrafi w istotny sposób zmienić wyniki analizy CFD, w szczególności temperatury. W modelu 3 wentylator strumieniowy o średnicy  $d = 0,355$  m i wydajności 1,75 m<sup>3</sup>/s przedstawiono jako zawieszony w hali badawczej z otwartymi bramami na jej obu końcach.

## Rezultaty

Wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono na **rys. 5–14**.

## Dyskusja wyników

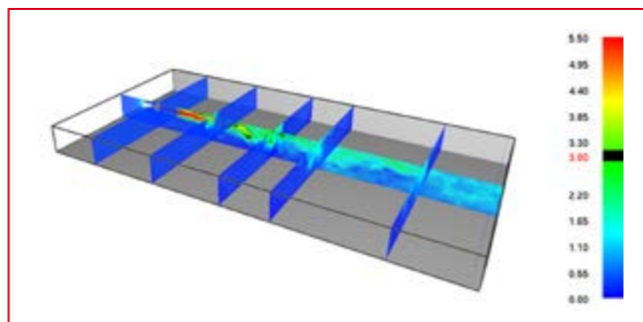
Modelowanie wentylatora strumieniowego przysparza wielu problemów zależnych od wielkości sieci obliczeniowej, co jest najbardziej zauważalne przy obliczaniu prędkości wylotowej, prędkości rdzenia strugi itp. Jak widać na **rys. 15**, przy dużej sieci program nie rozwiązuje tego zagadnienia, jednak w znacznej odległości od wentylatora wyniki z dowolnej metody zaczynają być zbieżne.

Niniejszy artykuł stanowi wstęp do szerszego opracowania dotyczącego modelowania wentylatora strumieniowego dla celów projektowych lub innych praktycznych zastosowań. Obecnie jednym z podstawowych wniosków jest fakt, że wentylatory strumieniowe indukują bardzo dużą ilość powietrza, zależną od ich lokalizacji w danej przestrzeni. Są to ilości nawet 10 razy większe od wydajności nominalnej wentylatora strumieniowego w przypadku pracy tylko jednego urządzenia w danej przestrzeni.

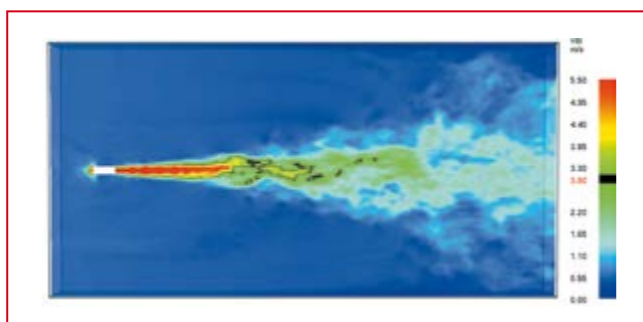
Zbyt duża liczba wentylatorów strumieniowych w stosunku do wydajności punktu wyciągowego indukuje bardzo duże strumienie powietrza w przestrzeni garażu. Jeżeli punkt wyciągowy nie dysponuje wydajnością pozwalającą odebrać tak dużą ilość mieszaniny dymu powietrza i gazów



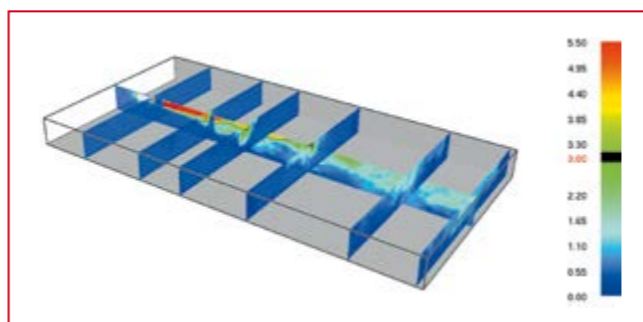
**Rys. 5.** Model 1, sieć obliczeniowa 0,075 m, widok płaszczyzny wynikowej prędkości na poziomie środka wentylatora strumieniowego w programie FDS 6.5.3



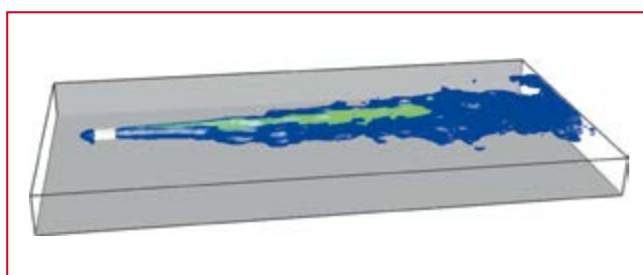
**Rys. 6.** Model 1, sieć obliczeniowa 0,075 m, widok płaszczyzn wynikowych prędkości w programie FDS 6.5.3



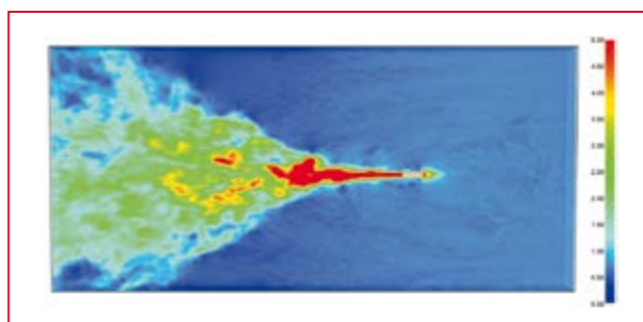
**Rys. 7.** Model 2, sieć obliczeniowa 0,15 m, widok płaszczyzny wynikowej prędkości na poziomie środka wentylatora strumieniowego w programie FDS 6.5.3



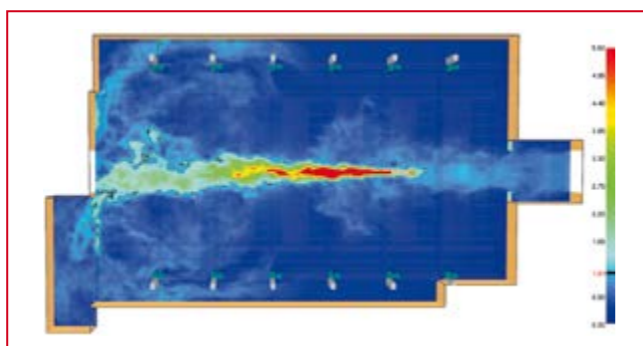
**Rys. 8.** Model 2, sieć obliczeniowa 0,15 m, widok płaszczyzn wynikowych prędkości w programie FDS 6.5.3



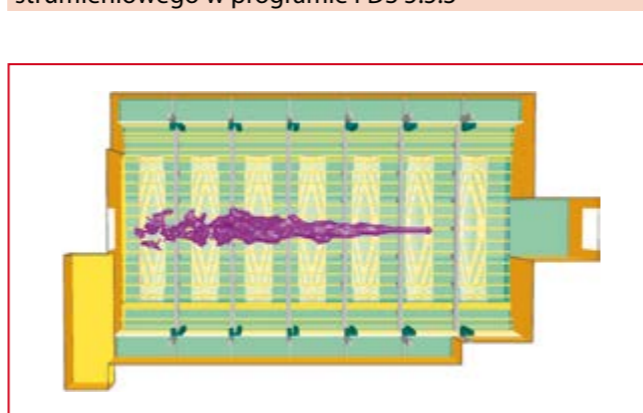
**Rys. 9.** Model 2, widok izopowierzchni prędkości w programie FDS 6.5.3; kolor niebieski: 1 m/s, zielony: 2 m/s



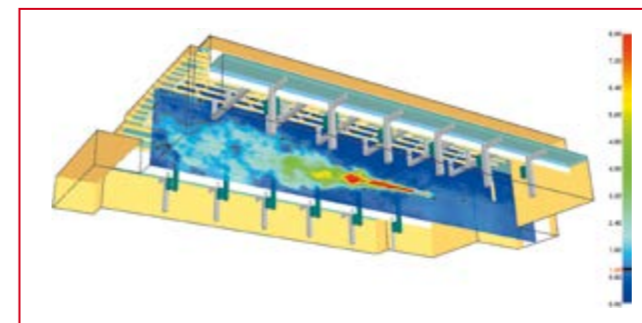
**Rys. 10.** Poglądowy rysunek pól prędkości wentylatora strumieniowego w programie FDS 5.5.3



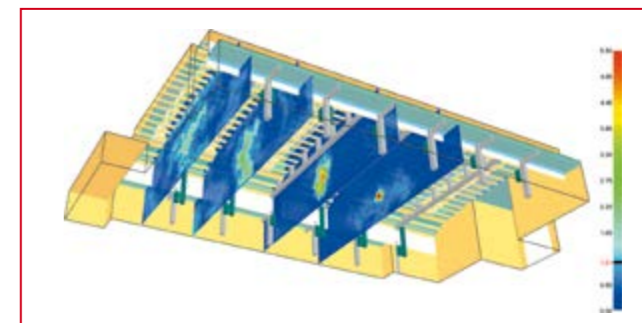
**Rys. 11.** Model 3, prędkość w płaszczyźnie wynikowej poziomej przechodzącej przez środek wentylatora strumieniowego, tj. na wysokości 3,15 m – wykonano w programie FDS 5.5.3



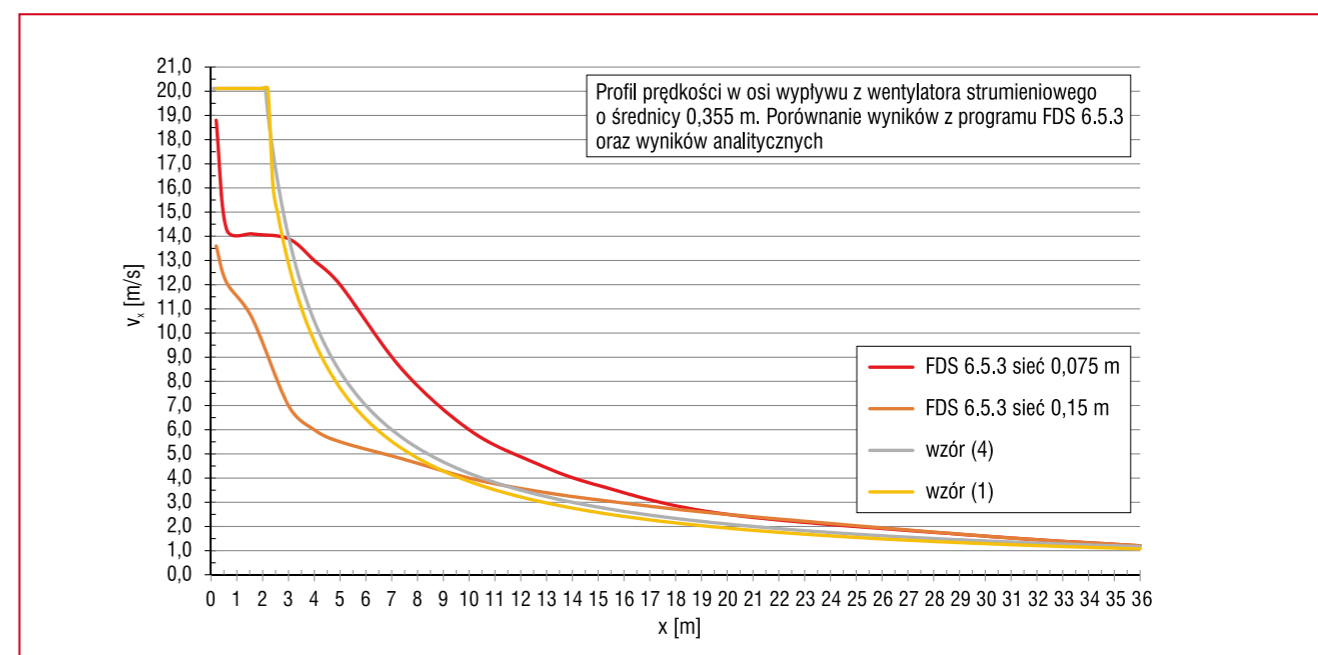
**Rys. 12.** Model 3, izopowierzchnia przedstawiająca prędkość o wartości 2 m/s – wykonano w programie FDS 5.5.3



**Rys. 13.** Model 3, prędkość w płaszczyźnie wynikowej pionowej przechodzącej przez środek wentylatora strumieniowego, tj. na rzędnej X = 13,65 m – wykonano w programie FDS 5.5.3



**Rys. 14.** Model 3, poprzeczny profil prędkości w płaszczyźnie wynikowej pionowej przecinającej halę – wykonano w programie FDS 5.5.3



**Rys. 15.** Porównanie wyników analitycznych z modelami CFD. Zależność prędkości w osi strugi swobodnej względem odległości od otworu wylotowego według [1 i 2] oraz według modeli CFD – sieć obliczeniowa 0,075 m oraz 0,15 m

pożarowych, to w jego okolicy tworzy się niewielkie nadciśnienie w stosunku do okolicy punktu nawiewnego. Efektem jest przepływ dymu do miejsc o niższym ciśnieniu, czyli nawet pod punkt nawiewny, dochodzić może zatem do pełnego zadymienia przestrzeni garażu.

**mgr inż. Tomasz Burdzy**

Institut Techniki Budowlanej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

**dr hab. inż. Marek Borowski**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

**Literatura:** <http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id4660,analiza-poprawnosci-odwzorowania-wyplywu-strugi-swobodnej-izotermicznej-z-wentylatora-strumieniowego>

## Detekcja gazów w garażach i parkingach podziemnych – sterowanie wentylacją mechaniczną

**Najczęstsze przyczyny zatrucia tlenkiem węgla to oprócz pożarów, wadliwe instalacje wentylacyjne. Niebezpieczeństwo związane z nagromadzeniem toksycznych produktów spalania paliw silników samochodowych dotyczy garaży, parkingów podziemnych, warsztatów samochodowych czy stacji kontroli pojazdów i wymaga technicznego rozwiązania problemu wentylacji.**

Obowiązujące od 2002 r. rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami) zobowiązuje do nadzoru stężenia tlenku węgla w powietrzu oraz zastosowania wentylacji mechanicznej sterowanej czujnikami poziomu tego gazu. Dotyczy to wszystkich garaży i parkingów zamkniętych. Prawo wymaga także wykrywania gazu propan-butan, jeżeli w garażu istnieje możliwość parkowania samochodów zasilanych tym paliwem. Detektory gazu mają zatem za zadanie sterować pracą wentylacji w taki sposób, aby nadmiar niebezpiecznych substancji mógł zostać skutecznie usunięty. W sytuacji pojawienia się niebezpiecznego stężenia tlenku węgla, system detekcji powinien zapewnić uruchomienie mechanicznej wentylacji hal garażowych oraz sygnalizacji nadmiernego stężenia spalin. Polska Norma PN-EN 50545-1 z roku 2012 – Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów toksycznych i palnych w garażach oraz tunelach – określa wartości trzech progów alarmowych, przy których należy załączyć wentylację, aby usunąć nadmiar tlenku węgla. Wynoszą one odpowiednio: alarm 1 – 30 ppm, alarm 2 – 60 ppm, alarm 3 – 150 ppm.

### Modułowy System Detekcji i Nadzoru – typ MSDIN

Głowice SMARTmaxi to podstawowy element Modułowego Systemu Detekcji i Nadzoru MSDIN. Zgodnie z Polską Normą PN-EN 50545-1 z roku 2012 – Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów toksycznych i palnych w garażach oraz tunelach – posiadają one trzy progi alarmowe tlenku węgla, przy których należy załączyć wentylację, aby usunąć jego nadmiar. Progi alarmowe poza możliwością ustawienia wartości, dodatkowo mają możliwość ustawienia reakcji na wartość chwilową progę, średnią wartość z określonego czasu (1-60 minut) lub zadziałanie alarmu z opóźnieniem czasowym (1-5 minut).

#### ZASTOSOWANIE

Modułowy System Detekcji i Nadzoru – MSDIN przeznaczony jest do stosowania we wszystkich typach obiektów, gdzie modułowa budowa systemu jest niewątpliwą zaletą pozwalającą na elastyczne dostosowywanie elementów systemu detekcji gazów oraz sterowania urządzeniami wykonawczymi do indywidualnych wymagań. Z powodzeniem może być stosowany zarówno w garażach podziemnych i parkingach oraz innych dużych obiektach typu: hale magazynowe, produkcyjne itp. System dostosowany jest do montażu na szynę DIN oraz uwzględnia możliwość jego późniejszej, elastycznej rozbudowy o kolejne moduły.

#### OPIS URZĄDZENIA

System Detekcji i Nadzoru–MSDIN, to system o modułowej budowie, składający się z trzech podstawowych jednostek:

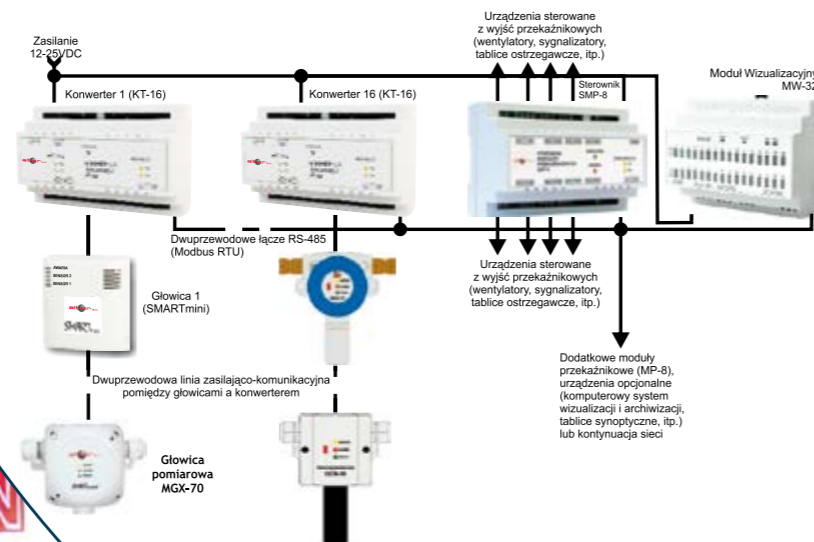
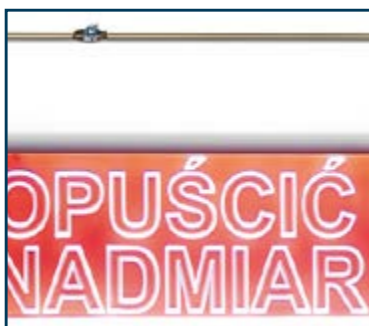
- konwerter transmisji głowic KT-16 - urządzenie pośredniczące pomiędzy głowicami pomiarowo-detekcyjnymi, a jednostką nadrzędną. Przy jego pomocy możliwa jest standardowa komunikacja z głowicami,
- głowice pomiarowo-detekcyjne gazów wybuchowych i par cieczy palnych, toksycznych oraz tlenu (typ SMARTmini, SMARTmaxi, MGX-70, GDX-70),
- moduł wizualizacyjny MW-32 służący do sygnalizowania stanów głowic pomiarowo-detekcyjnych podłączanych poprzez konwertery KT-16.

Dodatkowymi elementami systemu mogą być urządzenia nadrzędne takie jak: systemy wizualizacji, komputery, sterowniki przekaźników, sterowniki PLC oraz inne. Dodatkowym elementem systemu, zamiast urządzenia nadrzędnego, mogą być moduły wyjść prądowych 4-20mA. W zależności od potrzeb, do systemu można podłączyć wiele innych jednostek z nim współpracujących typu: zasilacz awaryjny ZA-DIN, który jest urządzeniem buforowym służącym do podtrzymywania zasilania w przypadku awarii zewnętrznego zasilacza lub sieci go zasilającej, świetlne tablice ostrzegawcze typu OTS-12, sygnalizatory optyczno-akustyczne, elektrozapory, moduły wyjść przekaźnikowych typu SMP-8.

#### PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE

Konwerter KT-16 współpracuje z głowicami SMARTmini, MGX-70, GDX-70. Do wejścia konwertera można podłączyć do 16 głowic pomiarowo-detekcyjnych łączonych w sposób szeregowy. Wyjście konwertera wyposażone jest w izolowany galwanicznie, dwuprzewodowy interfejs RS-485 (half duplex) z zaimplementowanym protokołem Modbus RTU („slave”). Do wyjścia konwertera można podłączyć dowolne urządzenie nadrzędne („master”) wyposażone w kompatybilne łącze i protokół transmisji. Oddzielną opcją pracy konwertera jest możliwość podłączenia do jego wyjścia analogowych modułów wyjść prądowych 4-20mA. Moduły wyjść prądowych podłączane są zamiast urządzeń nadrzędnego (nie mogą być podłączane jednocześnie) i na ich wyjściach przedstawiane są wskazania podłączonych głowic pomiarowo-detekcyjnych. Całość układu konwertera KT-16 zabudowana jest w typowej obudowie na szynę DIN.

Moduł MW-32 posiada zespół diod LED służących do sygnalizowania stanów głowic pomiarowo-detekcyjnych. Pojedynczy moduł może obsługiwać dwa konwertery KT-16, po 16 głowic każdy. Dodatkowo moduły wizualizacyjne wyposażone są w dwa konfigurowalne wyjścia przekaźnikowe, współpracujące ze stanami wyświetlanych głowic. Poza sygnalizacją optyczną w urządzeniu zainstalowany jest także sygnalizator akustyczny, który w zależności od potrzeby można aktywować lub nie.





Urządzeniem pośredniczącym pomiędzy nimi a jednostką nadrzędną jest konwerter KT-16. Przy jego pomocy możliwa jest komunikacja z głowicami. Konwerter jest jednym z elementów systemu pomiarowego opartego o głowice pomiarowo-detekcyjne gazów. Kolejnymi elementami są urządzenia nadrzędne takie jak: systemy wizualizacji, komputery, sterowniki przekaźników, sterowniki PLC oraz inne.

Do wejścia konwertera KT-16 można podłączyć do 16 głowic łączonych w sposób szeregowy. Wyjście konwertera wyposażone jest w izolowany galwanicznie, dwuprzewodowy interfejs RS-485 (half duplex) z zaimplementowanym protokołem Modbus RTU („slave”). Do wyjścia konwertera można podłączyć dowolne urządzenie nadrzędne („master”) wyposażone w kompatybilne łącze i protokół transmisji.

Urządzenie nadrzędne może za pośrednictwem konwertera odczytywać wszystkie parametry podłączonych głowic, zmieniać niektóre z nich, a także konfigurować parametry pracy samego konwertera. Oddzielną opcją pracy konwertera jest możliwość podłączenia do jego wyjścia analogowych modułów wyjść prądowych 4–20 mA. Moduły wyjść prądowych podłączane są zamiast urządzenia nadrzędnego (nie mogą być podłączane jednocześnie) i na ich wyjściach przedstawiane są wskazania podłączonych głowic. Stan transmisji od strony wejścia i wyjścia konwertera przedstawiany jest za pomocą diod LED. Dodatkowo system wyposażony został w układy korekcji wpływu czynników klimatycznych na parametry czujników oraz rozbudowany układ kontroli poprawności pracy każdego czujnika.

Nieodzownym elementem systemu detekcji tlenku węgla i LPG są tablice ostrzegawcze. Informują one osoby przebywające w garażu lub na parkingu o ewentualnym zagrożeniu związanym z nadmiernym stężeniem CO, lub LPG oraz konieczności opuszczenia garażu. Świetlne tablice ostrzegawcze zawierające różnego typu informacje ostrzegawcze (np. Nie wjeżdżać – Nadmiar spalin, Opuścić garaż – Nadmiar Spalin itp.), umieszcza się przed wjazdem do garażu lub przy głównych alejkach komunikacyjnych, którymi poruszają się samochody.

Modułowy System Detekcji i Nadzoru typ MSDIN wyróżnia się łatwością i różnorodnością jego konfiguracji, dlatego znajduje zastosowanie zarówno w obiektach małych, jak i dużych, które można podzielić na strefy. Jest to o tyle korzystne rozwiązanie, że pozwala na sterowanie wentylacją w tych częściach garażu czy parkingu, w których wystąpiło zagrożenie.

## System detekcji CO i LPG – lokalizacja głowic

Szczególną uwagę należy zwrócić na dobór miejsca zamontowania głowic. Głowica powinna być tak umieszczona, by nagromadzenia gazu zostały wykryte, zanim powstanie mieszanina niebezpieczna. Dotyczy to miejsc o najwyższych spodziewanych nagromadzeniach gazu lub w strumieniu

wentylacyjnym doprowadzającym gaz do czujnika z punktów najbardziej prawdopodobnych wpływów.

Sposób rozmieszczenia głowic powinien uwzględniać przede wszystkim:

- parametry fizyko-chemiczne gazu,
- topografię pomieszczenia,
- rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna), jej niezawodność i możliwe zmiany natężenia i kierunku strumienia wentylacji.

Optymalne warunki pracy i działania systemu detekcji można uzyskać, kierując się następującymi wskazówkami przy lokalizacji głowic:

- w przypadku **tlenku węgla (CO)**, który jest nieco lżejszy od powietrza i łatwo się z nim miesza, najczęściej zaleca się umieszczanie głowic na wysokości 150–220 cm nad posadzką. Jeśli głowica montowana jest na ścianie, to musi być montowana blisko sufitu, na wysokości większej niż wszystkie okna i drzwi, ale nie bliżej niż 15 cm od sufitu. Natomiast jeżeli głowica montowana jest na suficie, to musi znajdować się w odległości minimum 30 cm od wszystkich ścian,
- w przypadku **gazu płynnego (LPG)**, który jest cięższy od powietrza, głowice należy umieścić możliwie nisko nad posadzką, na wysokości około 15–50 cm od posadzki,
- głowice można montować na ścianach, filarach, podporach lub wysięgnikach,
- głowic nie należy montować w miejscach o dużym nasłonecznieniu oraz w pobliżu źródeł ciepła,
- głowice nie powinny znajdować się w miejscu występowania silnych pól elektromagnetycznych.

## Głowica pomiarowo - detekcyjna SMARTmaxi **NOWOŚĆ**



**3 PROGI ALARMOWE DLA CO ZGODNIE Z EUROPEJSKĄ NORMĄ PN-EN 50545-1:2012**

- ➡ próg 1 – 30 ppm
- ➡ próg 2 – 60 ppm
- ➡ próg 3 – 150 ppm

**KOMPLETNY SYSTEM DETEKcji CO i LPG W GARAŻACH PODZIEMNYCH**

(głowice SMARTmaxi, centrala-jednostka nadrzędna, świetlne tablice ostrzegawcze, sygnalizatory optyczno-akustyczne)

- ➡ **NIEZAWODNY**
- ➡ **ŁATWY W MONTAŻU**
- ➡ **BEZPIECZNY W EKSPLOATACJI**

Szczegółowe zalecenia co do rozmieszczania czujników gazów wybuchowych można znaleźć w PN-EN 60079-29-2 (środowisko przemysłowe) oraz PN-EN 50244 (środowisko domowe). Natomiast zalecenia co do rozmieszczania czujników gazów toksycznych zawarte są w PN-EN 45544-4 (środowisko przemysłowe) oraz PN-EN 50292 (środowisko domowe). Rozmieszczeniem głowic pomiarowo-detekcyjnych powinna zająć się osoba posiadająca odpowiednią wiedzę i doświadczenie.

### Zalecenia i uwagi eksploatacyjne

W celu zapewnienia bezpieczeństwa i poprawności działania systemu głowice powinny być utrzymywane w należytej czystości. Nie należy dopuszczać do zabrudzenia i zakurzenia głowic, a zwłaszcza części czoła czujnika, przez którą dyfunduje gaz. Może to spowodować zmniejszenie czułości głowic lub w skrajnych przypadkach, doprowadzić do całkowitej utraty zdolności metrologicznych.

W celu uniknięcia fałszywych alarmów należy przeprowadzać okresowe kalibracje głowic zgodnie z zaleceniami producenta sensorów.

ALTER S.A.  
ul. Pocztowa 13  
62-080 Tarnowo Podgórne  
tel./fax: +48 61 814 65 57, 814 71 49, 814 62 90  
e-mail: alter@altersa.pl , www.altersa.pl



**2KAN SYLWIA STANISŁAWSKA**  
05-850 Konotopa, ul. Rajdowa 10  
tel. 513 185 185 i 733 185 185  
2kan@2kan.pl, www.wentylujemy.pl



**ALTER S.A.**  
ul. Pocztowa 13  
62-080 Tarnowo Podgórne  
alter@altersa.pl, www.altersa.pl



**GAZEX SP. Z O.O.**  
02-867 Warszawa, ul. Baletowa 16  
tel. 22 644 25 11, faks 22 641 23 11  
gazex@gazex.pl, www.gazex.pl



**HARMANN POLSKA SP. Z O.O.**  
31-574 Kraków, ul. Ciepłownicza 54  
tel. 12 650 20 30  
biuro@harmann.pl



**HEKATO ELECTRONICS SP. Z O.O.**  
54-617 Wrocław, ul. Karpacka 22  
tel. 605 966 922  
biuro@hekato.pl, www.hekato.pl



**PRO-SERVICE SP. Z O.O.**  
31-826 Kraków, ul. os. Złotej Jesieni 4  
tel./faks 12 686 07 10  
pro@alarmgas.com, www.pro-service.com.pl



*Tu może znaleźć się Twój wpis w Katalogu firm*