

Zasady projektowania systemów oddymiania pionowych dróg ewakuacyjnych

mgr inż. Łukasz Ostapiuk

SITP Kielce, 31 maja 2022 r.

Agenda prezentacji

Oddymianie klatek schodowych

- omówienie dotychczasowych rozwiązań projektowych wg PN-B-02877-4:2001/Az1- klatki schodowe, VdS 2221:2001-08
- systemy oddymiania klatek schodowych z nawiewem mechanicznych (wytyczne CNBOP, alternatywne metody obliczeniowe/rozwiązania projektowe, wytyczne SITP W-001 Systemy usuwania dymu z klatek schodowych Rew. A.1:2016-11
- okna oddymiające (podatność systemów oddymiania na warunki atmosferyczne, systemy oddymiania w budynkach istniejących)
- przykłady projektowe („typowe” oraz „niestandardowe” klatki schodowe)- wybrane projekty/realizacje
- wymagane dokumenty dopuszczające
- testy/weryfikacja systemów oddymiania
- wnioski

Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne (dotychczasowe propozycje rozwiązań)

W oparciu o **PN-B-02877-4/Az1:2006 Ochrona przeciwpożarowa budynków- Instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła- Zasady projektowania** wymagana powierzchnia czynna klap dymowych A_{cz} na klatce schodowej budynków niskich i średniowysokich powinna wynosić co najmniej **5% powierzchni rzutu poziomego podłogi tej klatki schodowej**. Ponadto w budynkach niskich i średniowysokich powierzchnia jednego otworu pod klapę dymową nie może być mniejsza niż 1,0 m².

Dane wyjściowe:

Pow. klatki schodowej zlokalizowanej- 38,0m²

Wymagana powierzchnia czynna oddymiania klatki schodowej- 5% rzutu klatki- tj. 38,0x5%= 1,9m²

Zaprojektowano klapę dymową o wymiarach 1,5x1,6m z owiewką aerodynamiczną i kierownicą

o $A_{cz} = 1,97m^2$ ($A_g = 2,4m^2$)

Wymagana powierzchnia geometryczna napowietrzania **3,2m²** (brak możliwości napowietrzania na parterze przez drzwi o wymaganej powierzchni napowietrzania ?)

interpretacja?

3

Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne (dotychczasowe propozycje rozwiązań)



Data publikacji 2019-05-14

Sektor Budownictwa i Konstrukcji Budowlanych

KT 180 ds. Bezpieczeństwa Pożarowego Obiektów

Interpretacja postanowień PN-B-02877-4:2001 Ochrona przeciwpożarowa budynków - Instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła - Zasady projektowania

Treść zapytania

W Załączniku A normy PN-B-02877-4:2001 znajduje się zapis mówiący o tym, że w budynkach niskich i średniowysokich powierzchnia czynna otworów oddymiających powinna być $\geq 1m^2$, natomiast w samym zapisie normy pkt. 4.1 mowa o powierzchni otworu pod klapę. Który zapis jest poprawny przy doborze klap dymowych w klatkach schodowych?

Treść odpowiedzi

Zapisy w normie PN-B-02877-4:2001 w Załączniku A i w Podrozdziale 4.1 nie są sprzeczne. Oznacza to w praktyce, że oba warunki powinny być spełnione.

WYMIAR NOMINALNY	POWIERZCHNIA CZYNNA A_g [m ²]						WYMIAR NOMINALNY	POWIERZCHNIA CZYNNA A_b [m ²]					
	PODSTAWA O MIN. H=300 mm			PODSTAWA O MIN. H=500 mm				PODSTAWA O MIN. H=300 mm			PODSTAWA O MIN. H=500 mm		
	[A x B]	BEZ OWIEWEK	OWIEWKI	OWIEWKI I KIEROWNICA	BEZ OWIEWEK	OWIEWKI		OWIEWKI I KIEROWNICA	[A x B]	BEZ OWIEWEK	OWIEWKI	OWIEWKI I KIEROWNICA	BEZ OWIEWEK
1000 x 1000	0,64	0,67	0,75	0,72	0,71	0,79	1000 x 1200	0,75	0,80	0,91	0,85	0,84	0,95
1200 x 1200	0,85	0,95	1,10	0,98	1,00	1,14	1000 x 1500	0,90	0,99	1,14	1,04	1,05	1,19
1400 x 1400	1,09	1,28	1,50	1,28	1,35	1,57	1000 x 1600	0,94	1,05	1,22	1,10	1,11	1,27
1500 x 1500	1,22	1,47	1,73	1,43	1,54	1,80	1000 x 1800	1,03	1,18	1,37	1,22	1,25	1,43
							1000 x 2000	1,11	1,31	1,53	1,34	1,38	1,60

4

Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie grawitacyjne/mechaniczne

VdS 2221:2001-08

Wymagana powierzchnia geometryczna oddymiania klatki schodowej- 5% rzutu klatki- tj. $38,0 \times 5\% = 1,9\text{m}^2$

Wymagana powierzchnia geometryczna napowietrzania klatki schodowej- $1,9\text{m}^2$ (1:1)

Zasady wiedzy technicznej

Założony przepływ na klapie- $1,0-1,5\text{m/s}$.

Wydajność kłapy dymowej- $1,5 \times 1,6\text{m} \times 1,5\text{m/s} = 3,6\text{m}^3/\text{s} = 12\,960\text{m}^3/\text{h}$

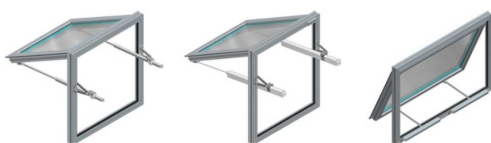
Wentylator napowietrzający $13\,200\text{m}^3/\text{h}$ jako ekwiwalent grawitacyjnego systemu napowietrzania klatki schodowej.



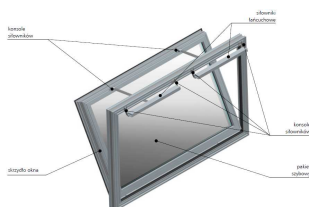
5

Okna oddymiające, żaluzjowe kłapy oddymiające

Dla okien oddymiających obowiązuje norma zharmonizowana PN-EN12101-2:2002



80 [cm] x 80 [cm]	Min. wymiar nominalny
270 [cm] x 130 [cm]	Max. wymiar nominalny-układ poziomy B x H
160 [cm] x 220 [cm]	Max. wymiar nominalny-układ pionowy B x H
SL 0	Klasa obciążenia śniegiem
WL 1000 + WL 1500	Klasa odporności na działanie wiatru
B 300	Klasa odporności na działanie wysokiej temperatury
Re 1000	Pewność działania-oddymianie
Re_10000	Pewność działania-wentylacja
T(00)	Pewność działania okna w niskiej temperaturze
60 [s]	Maksymalny czas otwarcia okna do położenia pracy
10° + 90°	Kąt otwarcia okna



6

Okna oddymiające- wg jakich wytycznych liczyć Acz?

PN-B-02877-4/Az1:2006 Ochrona przeciwpożarowa budynków- Instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła- Zasady projektowania, teoretycznie nie przewiduje takiego rozwiązania...

Co w praktyce „piszczą”?

VdS 2221:2007-08 Entrauchungsanlagen in Treppenträumen (EAT), Planung und Einbau (*Urządzenia do oddymiania klatek schodowych. Projektowanie i instalowanie*)

- w przypadku umieszczenia otworu (okna) oddymiającego w ścianie klatki schodowej zalecane jest zapewnienie geometrycznej wolnej powierzchni otwarcia nie mniejszej niż 7,5% powierzchni klatki schodowej, jednak nie mniej niż 1,5 m².
- Dolna krawędź otworów w ścianie powinna być na wysokości co najmniej 0,80 m, a górna na wysokości co najmniej 1,80 m powyżej górnego podestu schodów.
- Powyższe zalecenia mogą mieć również zastosowanie w przypadku lokalizacji okna oddymiającego w skośnej pości dachu nad klatką schodową.

7

Okna oddymiające- ograniczenia

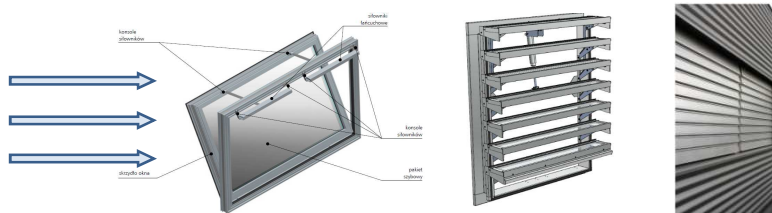


§ 299 WT [Wymogi dotyczące okien]

1. Okna w budynku powyżej drugiej kondygnacji nadziemnej, a także okna na niższych kondygnacjach, wychodzące na chodniki lub inne przejścia dla pieszych, **powinny mieć skrzydła otwierane do wewnątrz**.

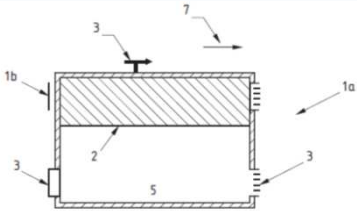
2. Dopuszcza się stosowanie okien otwieranych na zewnątrz, o poziomej osi obrotu i **maksymalnym wychyleniu skrzydła do 0,6 m, mierząc od lica ściany zewnętrznej**, pod warunkiem zastosowania w nich szyb zapewniających bezpieczeństwo użytkownika oraz umożliwienia ich mycia, konserwacji i naprawy od wewnątrz pomieszczeń lub z urządzeń technicznych instalowanych na zewnątrz budynku.

W przypadku otwarcia okna do wewnątrz, uwaga na zawężenie biegu i spocznika



8

Okna oddymiające- wpływ wiatru



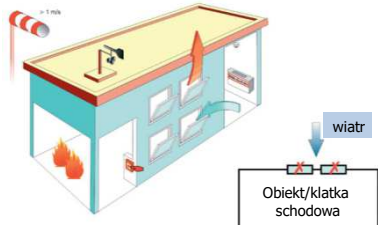

Key

- 1 Natural smoke and heat exhaust ventilator (EN 12101-2) (a = open, b = closed)
- 2 Smoke barrier (EN 12101-1)
- 3 Air Inlet (a = open, b = closed)
- 4 Smoke reservoir
- 5 Fire compartment
- 6 Wind direction control
- 7 Direction of wind

Smoke and heat control systems — Part 4: Installed SHEVS systems for smoke and heat ventilation

Rauch- und Wärmehaltung — Teil 4: Anlagen zur Rauch- und Wärmehaltung im eingebauten Zustand
Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur — Partie 4: Systèmes SEFCV installés pour l'évacuation de fumées et de chaleur par ventilation

ICS:
 Descriptors:

Napływ bezpośrednio na fasadę z oknami oddymiającymi
 Źródło: Małgorzata Król „Analiza wpływu warunków zewnętrznych na skuteczność usuwania dymu z klatek schodowych za pomocą okien oddymiających”, materiały konferencyjne SITP Zakopane 2017

Okna oddymiające- wpływ wiatru

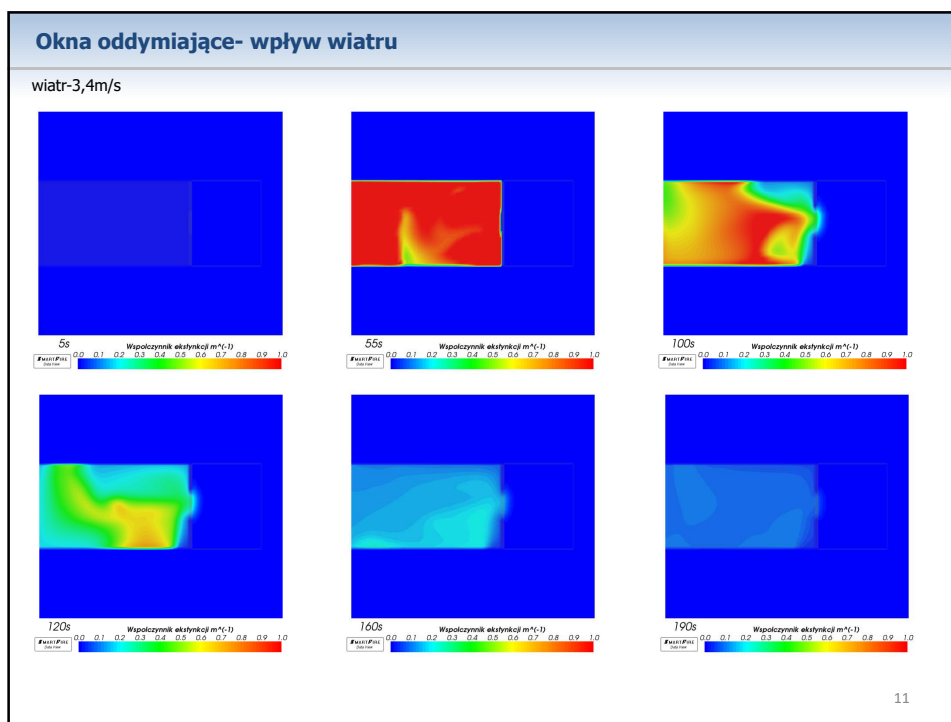
Szanse/możliwości poprawy skuteczności systemu oddymiania:

- montaż okien oddymiających na dwóch różnych fasadach budynku wraz z połączeniem ich z systemem detekcji kierunku wiatru (brak certyfikowanych rozwiązań, zmienność warunków atmosferycznych)

↓

- **nawiew mechaniczny do klatki schodowej** (praktycznie w każdych warunkach atmosferycznych będzie działał poprawnie)

10



Budynki istniejące- brak możliwości montażu nowych okien oddymiających

OBLICZENIA – POWIERZCHNIA CZYNNA ODDYMIAANIA

Powierzchnia czynna oddymiania okna [A_{cz}] w systemie mcr-OSO zależy od:

- ▶ położenia płaszczyzny okna [0°-90°]
- ▶ kierunku otwarcia okna (do wewnątrz, na zewnątrz)
- ▶ kąta otwarcia okna [0°-90°]
- ▶ wymiaru okna

tabela nr 3

Powierzchnia czynna oddymiania okna [A_{cz}] w systemie mcr-OSO określana jest zgodnie ze wzorem:

$$A_{cz} = A_{geom} \cdot C_{vo}$$

A_{geom} – powierzchnia geometryczna [A_{geom} = B · H]
 B – szerokość wewnętrzna ościeżnicy okna
 H – wysokość wewnętrzna ościeżnicy okna

C_{vo} – współczynnik przepływu określany na podstawie tabel nr 5 i 6 (strona nr 11)
 W przypadku pośrednich wartości kątów otwarcia, wartość C_{vo} ustala się metodą interpolacji liniowej

Wymiary charakterystyczne okien oddymiających w systemie mcr-OSO na przykładzie okna uchynego na zewnątrz pomieszczenia.

B, H – wymiary wewnętrzne ościeżnicy okna
 B', H' – wymiary zewnętrzne ościeżnicy okna
 L – odległość skrzydła (w pozycji otwartej) od ościeżnicy

Obliczając powierzchnię czynną oddymiania należy uwzględnić wymiary B i H.

Budynki istniejące- brak możliwości montażu nowych okien oddymiających

Tabela nr 5. Zestawienie współczynników przepływu C_{vo} okien w przegrodach pionowych

Bezwymiarowy współczynnik C_{vo} określony jest w sposób doświadczalny w zależności od zakresu proporcji wymiarów okna, kierunku otwierania i kąta otwarcia skrzydła.

Zakres proporcji wymiarów	Kierunek otwierania skrzydła	Kąt otwarcia skrzydła				
		20°	30°	45°	60°	90°
$0,5 \leq B/H < 1,0$	do wewnątrz i przechyłne	0.39	0.40	0.49	0.57	0.67
	na zewnątrz	0.40	0.43	0.52	0.60	0.69
$1,0 \leq B/H < 2,0$	do wewnątrz i przechyłne	0.42	0.43	0.56	0.63	0.68
	na zewnątrz	0.44	0.46	0.58	0.65	0.70
$B/H \geq 2,0$	do wewnątrz i przechyłne	0.35	0.39	0.51	0.57	0.67
	na zewnątrz	0.38	0.41	0.55	0.61	0.70

Tabela nr 6. Zestawienie współczynników przepływu C_{vo} okien montowanych w dachach lub świetlikach trójkątnych

Szerokość klapy [m]	Kąt otwarcia skrzydła				
	30° ¹⁾	45°	60°	75°	90° ²⁾
$0,5 \leq B < 1,0$	0.56	0.64	0.66	0.67	0.67
$1,0 \leq B < 1,8$	0.51	0.60	0.63	0.65	0.66
$1,8 \leq B < 2,4$	0.44	0.55	0.61	0.64	0.66

Budynki istniejące- brak możliwości montażu nowych okien oddymiających

Tabela nr 7. Obliczenia zgodnie z Aprobata Techniczna ITB AT-15-2275/2010

Wymagana powierzchnia czynna oddymiania A_{cz}	1,0 [m ²]
Materiał okna / system	Aluminium / Ponzio PT52
Wymiar zewnętrzny ościeżnicy B' x H'	np. 1500 x 1500 [mm]
Wymiar wewnętrzny ościeżnicy B x H	(1500-147) x (1500-147) = 1353 x 1353 [mm] Suma szerokości profili okiennych: 2 * 74 [mm] = 147 [mm]
Powierzchnia otworu B x H po otwarciu skrzydła	1,353 x 1,353 = 1,83 [m ²]
Miejsce montażu	Przegroda pionowa (elewacja)
Kierunek otwarcia, ustawienie zawiasów	Otwierane góra na zewnątrz pomieszczenia, zawiasy na dolnej części okna
Zakres proporcji wymiarów [B/H] – tabela nr 5 strona 11	1,0
Wartość współczynnika C_{vo} /kąt otwarcia – tabela nr 5 strona 11	0,58/45°
Powierzchnia czynna oddymiania	1,83 x 0,58 = 1,06 [m ²] \geq 1,0 m ² – warunek spełniony
Sterowanie otwarciem skrzydła (zgodnie z tabelą nr 5 w AT-15-2275/2010 strona 11)	Dwa siłowniki wrzecionowe mcr-S 08-450 z konsolami, dodatkowo: wyłącznik pracy równoległej, elektrorygiel

Budynki istniejące- brak możliwości montażu nowych okien oddymiających

Art. 10. 1. Ustawa o wyrobach budowlanych

Dopuszczone do jednostkowego zastosowania w obiekcie budowlanym są wyroby budowlane, z wyłączeniem wyrobów, o których mowa w art. 5 ust. 1 (**wyrób budowlany objęty normą zharmonizowaną lub zgodny z wydaną dla niego europejską oceną techniczną**), wykonane według indywidualnej dokumentacji technicznej, sporządzonej przez projektanta obiektu lub z nim uzgodnionej, dla których producent wydał oświadczenie, że zapewniono zgodność wyrobu budowlanego z tą dokumentacją oraz z przepisami.

Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne- rozwiązanie autorskie

Wymagana wydajność wentylatora napowietrzającego można obliczyć ze wzoru empirycznego:

$$V_{nap.} = h \cdot A \cdot 1,5 \cdot \alpha \cdot \frac{60}{n}, [m^3 / h]$$

gdzie:

$V_{nap.}$ - wymagana wydajność napowietrzania, [m^3/h]

h - wysokość klatki schodowej, [m]

A - powierzchnia rzutu klatki schodowej, [m^2]

jeżeli $h \leq 15 \Rightarrow \alpha = 1$,

jeżeli $h > 15 \Rightarrow \alpha = 1 + 0,065 \cdot (h - 15)$

n - liczba kondygnacji (z założeniem, że wysokość kondygnacji wynosi średnio 3,0m)

Acz= 5% rzutu klatki schodowej

Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne- **rozwiązanie autorskie**

Wzór powstał na podstawie:

- dotychczasowego doświadczenia projektowego (projektanci, rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych),
- pomiarów zrealizowanych systemów,
- prób z ciepłym dymem w zrealizowanych obiektach,
- analiz CFD.

Przyjęte cele projektowe (dla najbardziej typowych przykładów):

- uniemożliwienie opadania dymu poniżej kondygnacji objętej pożarem,
- ograniczenie czasu oddymiania pojedynczej kondygnacji **do 60 s (z uwzględnieniem całkowitego czasu potrzebnego do oddymienia klatki)** - dotyczy kondygnacji objętej pożarem i wyższych,
- ograniczenie przyrostu ciśnienia wewnątrz klatki nie większy niż 10 Pa (minimalizacja rozprzestrzeniania się dymu przez nieszczelności klatki poza jej obręb),
- uwzględnienie problematyki związanej z zapewnieniem **rezerwowego źródła zasilania**,
- poprawa warunków pracy ekip ratowniczych,

17

Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne- **rozwiązanie autorskie**

Dodatkowe założenia wyjściowe:

- **klatka wydzielona i zamykana drzwiami S, EI lub EIS** (w budynkach istniejących zalecenie),
- zakłada się pracę systemu ze **stałą wydajnością**,
- **liczba kondygnacji odpowiada wysokości klatki dzielonej przez 3,0m**,
- uwzględnia się zabezpieczenie przed nadmiernym przyrostem ciśnienia (możliwość wejścia do klatki schodowej z uwagi na siłę potrzebną do otwarcia drzwi),
- powierzchni czynna oddymiania kłapy oddymiającej wg PN,
- prędkość napływu powietrza nie większa niż **5,0m/s**.

18

Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne- rozwiązanie autorskie

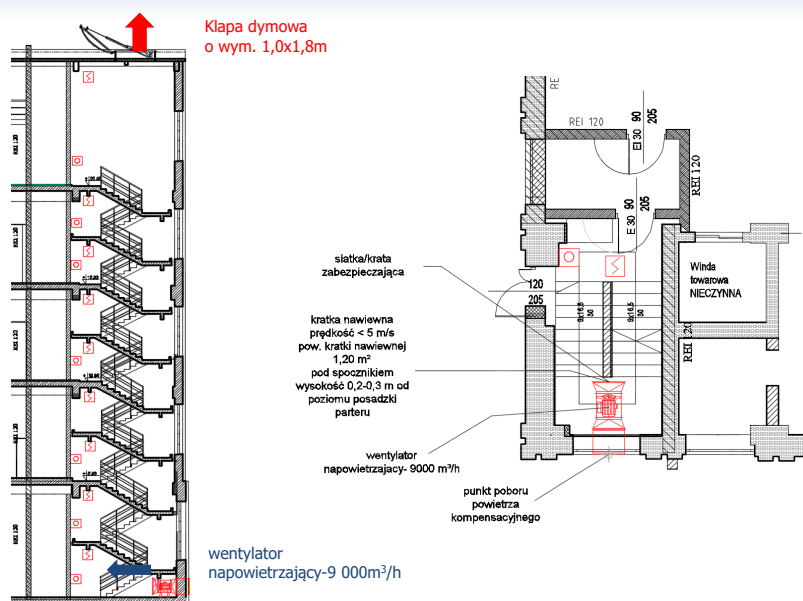
Dla typowych „zwartych” klatek schodowych, spełniających wymagania w zakresie ewakuacji, o powierzchni do $\sim 30,0\text{m}^2$ nie ma uzasadnienia wykonywanie analiz numerycznych CFD weryfikujących skuteczność zaprojektowanego systemu.

Analiza numeryczna zalecana jest w pewnych szczególnych przypadkach, gdy klatka:

- nie jest zwartą bryłą,
- posiada rozległe elementy poziome,
- zawiera wewnątrz elementy utrudniające usuwanie dymu (np. podciąg, kieszenie pod stropem)

19

Przykład 1 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne



20

Przykład 1 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne (obliczenia)

Dane wyjściowe:

Pow. klatki schodowej – 15,42m²

Wysokość- 28,3m

Wymagana powierzchnia czynna oddymiania klatki schodowej- 7,5% rzutu klatki- tj. 15,44x5%= 1,16m²

Zaprojektowano kłapę o wym. 1,0x1,8m, Acz=1,22m²

Wg wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016, Wydanie 2

$$V_{n_min}=0,2 \cdot 15,42 \text{m}^2 \cdot 3600=11 \text{ 102,4m}^3/\text{h}$$

$$V_{n_v}=1,0 \cdot A_{drzwi} \cdot 3600=1,0 \cdot 1,8 \cdot 3600=6 \text{ 480m}^3/\text{h}$$

Łączna obliczeniowa wydajność napowietrzania- 17 582,4m³/h

Wg wzoru empirycznego

$$V_{nap.}=h \cdot x \cdot 1,5 \cdot \alpha \cdot x(60/n)=28,3 \cdot 1,5 \cdot 1,86 \cdot x(60/9)= 8 \text{ 189,18m}^3/\text{h}$$

Zastosowano wentylator o wydajności 9 000m³/h

Obliczeniowy strumień powietrza nawiewany do klatki schodowej (Vn), spełniający wyżej wymienione kryterium prędkości przepływu 0,2 m/s, należy wyznaczyć ze wzoru: Maksymalny obliczeniowy strumień powietrza (Vn_max) należy wyznaczyć jako sumę obliczeniowego strumienia powietrza (Vn) i większej z niżej opisanych wartości:

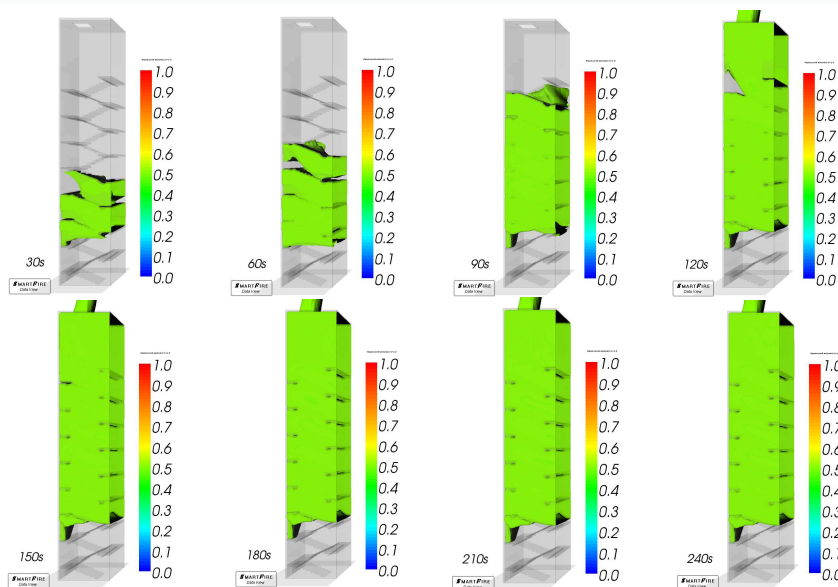
- strumienia powietrza przepływającego przez nieszczelności klatki schodowej (Vn_p), lub
- strumienia powietrza przepływającego przez otwarte drzwi (Vn_v).

UWAGA: W przypadku klatek schodowych, które spełniają wymagania aktualnych WT oraz są wydzielone drzwiami z samozamykaczem, łącznie z drzwiami prowadzącymi na zewnątrz, za wystarczający maksymalny obliczeniowy strumień powietrza uznaje się Vn_max = Vn + Vn_p, gdzie:

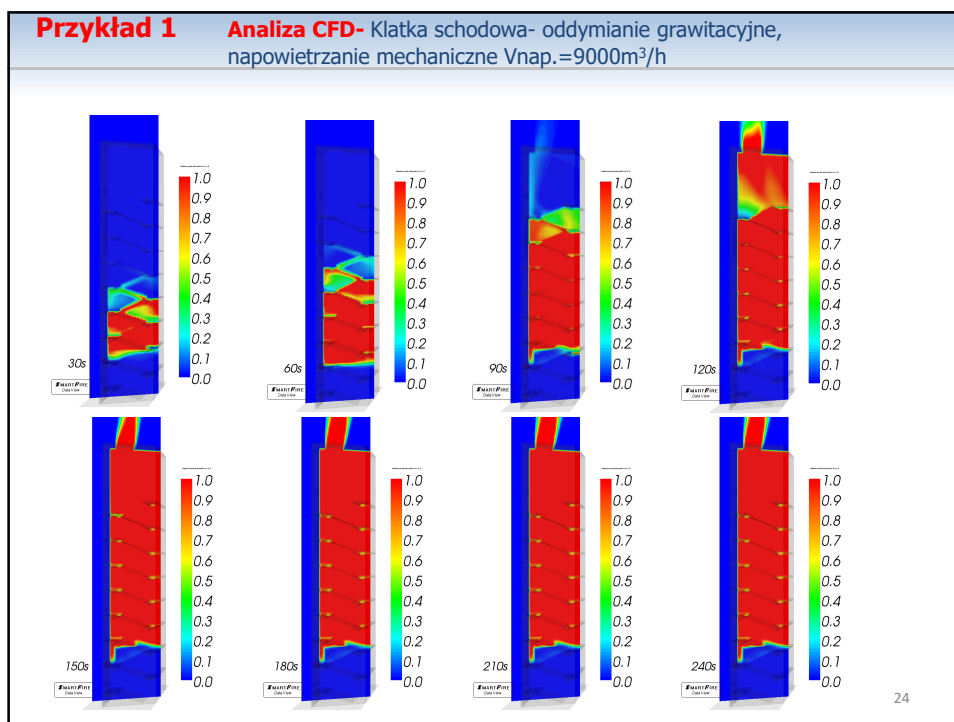
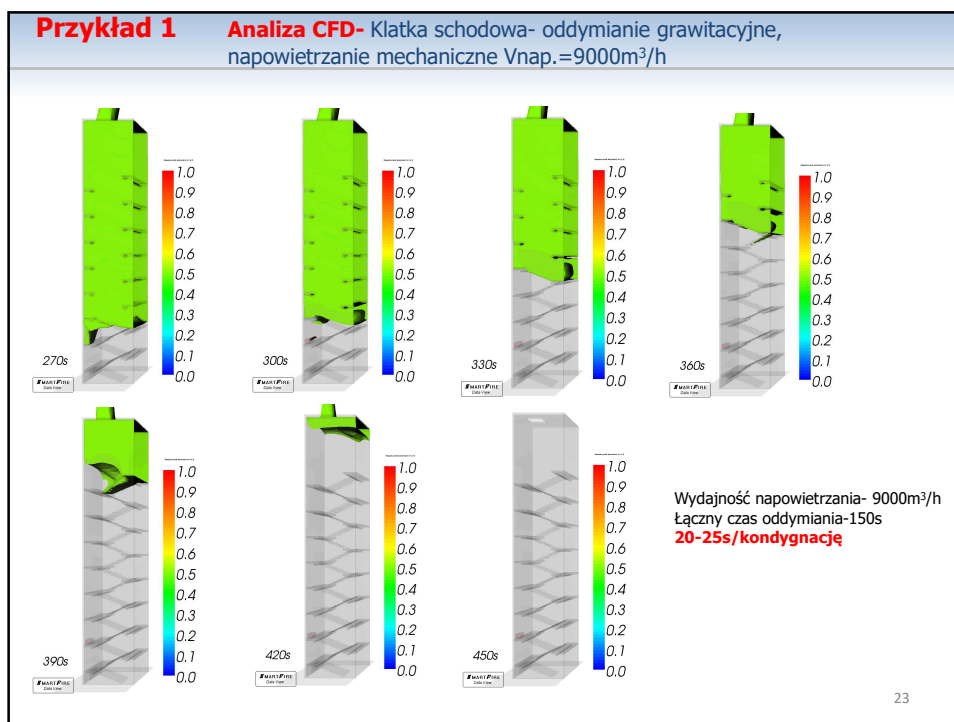
$$V_{n_p} = 0,83 \cdot A_e \cdot \Delta p^{0,5} \cdot 3600 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

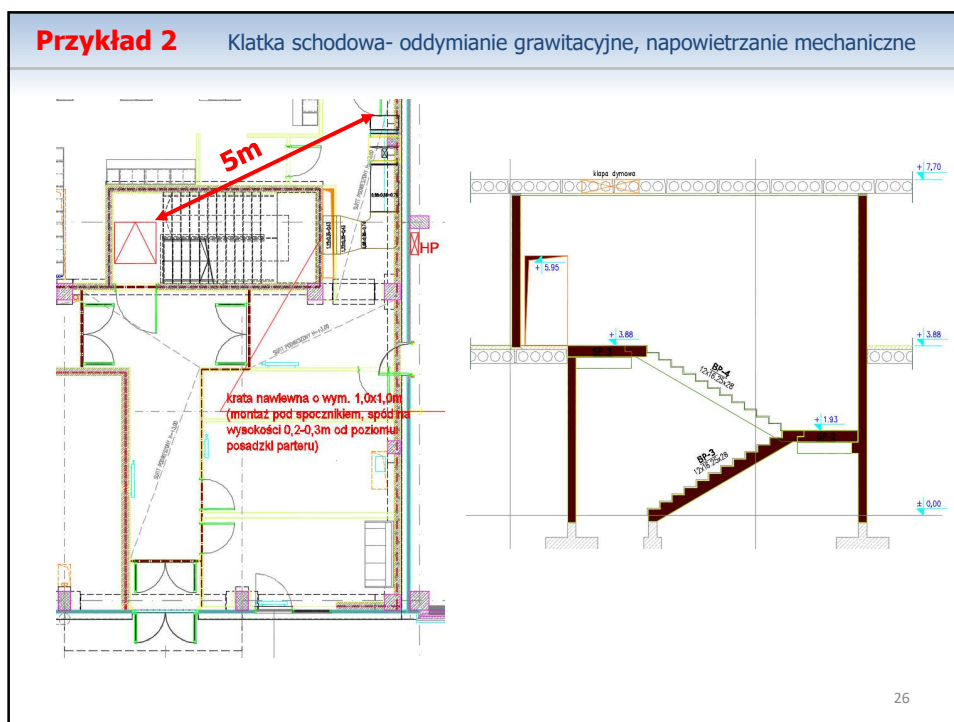
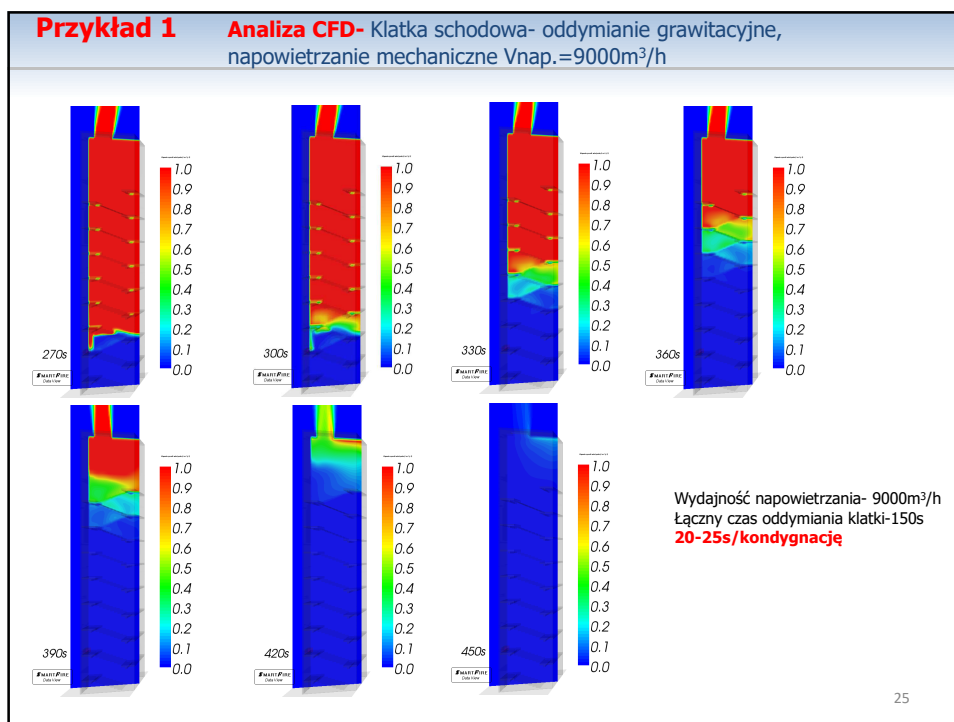
21

Przykład 1 Analiza CFD- Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne Vnap.=9000m³/h



22





Przykład 2 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne
(realizacja rozwiązania projektowego)

29

Przykład 2 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne
(testy/pomiary zrealizowanego rozwiązania projektowego)

30

Przykład 3 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne

Hol z funkcją recepcyjną
(brak możliwości napowietrzania grawitacyjnego przez hol)

W-001 Systemy usuwania dymu z klatek schodowych Rew. A.1:2016-11

W przypadku ewakuacji z klatki schodowej poprzez hol pełniący funkcję uzupełniającą np. recepcyjną (zgodnie z §256 ust. 6) istnieje zagrożenie przepływu dymu do klatki schodowej w przypadku pożaru w obrębie holu, zatem w tej sytuacji nie jest wskazane doprowadzanie powietrza uzupełniającego poprzez hol

31

Przykład 3 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne (obliczenia)

Wymagana wydajność wentylatora napowietrzającego można obliczyć ze wzoru empirycznego:

$$V_{nap.} = h \cdot A \cdot 1,5 \cdot \alpha \cdot \frac{60}{n}, [m^3 / h]$$

gdzie:

- $V_{nap.}$ - wymagana wydajność napowietrzania, [m^3/h]
- h - wysokość klatki schodowej, [m]
- A - powierzchnia przekroju klatki, [m^2]
- a jeżeli $h \leq 15 \Rightarrow \alpha = 1$, jeżeli $h > 15 \Rightarrow \alpha = 1 + 0,065 \cdot (h - 15)$
- n - liczba kondygnacji

$$\alpha = 1 + 0,065 \cdot (16,6 - 15) = 1,29$$

$$V_{nap.} = 16,6m \cdot 76,6m^2 \cdot 1,5 \cdot \alpha \cdot \frac{60}{5} = 25268,25 [m^3 / h]$$

Wymagana wydajność wentylatora napowietrzającego dla kłapy o wym. 2,0x3,0m wynosi 2,0mx3,0m x 1,5m/s x 3600=32 400m³/h

32

Przykład 3 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne (obliczenia wg wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016)

Dane wyjściowe:

Pow. klatki schodowej – 76,6m²

Wysokość 16,6m

Wymagana powierzchnia czynna oddymiania klatki schodowej- 5% rzutu klatki- tj. 76,6x5%= 3,83m²

Zaprojektowano klapę dymową o wymiarach 2,0x3,0m (A_{cz} =4,53m²).

Wg wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016. Wydanie 2

$$V_{n_min}=0,2 \cdot 76,6 \text{m}^2 \cdot 3600=55 \text{ 152m}^3/\text{h}$$

$$V_{n_v}=1,0 \cdot A_{drzwi} \cdot 3600=1,0 \cdot 2,1 \cdot 3600=7560 \text{m}^3/\text{h}$$

Łączna wydajność napowietrzania- 62 712m³/h ?

Wentylator 63 000m³/h, 450 Pa, Ø1000, **moc 11kW**

Obliczeniowy strumień powietrza nawiewany do klatki schodowej (V_n), spełniający wyżej wymienione kryterium prędkości przepływu 0,2 m/s, należy wyznaczyć ze wzoru: Maksymalny obliczeniowy strumień powietrza (V_{n_max}) należy wyznaczyć jako sumę obliczeniowego strumienia powietrza (V_n) i większej z niżej opisanych wartości:

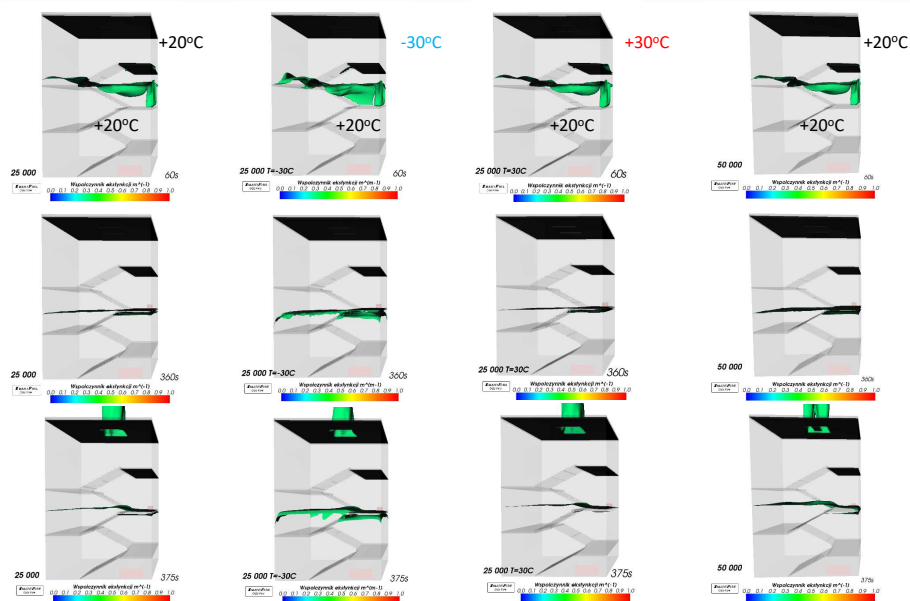
- strumienia powietrza przepływającego przez nieszczelności klatki schodowej (V_{n_p}), lub
- strumienia powietrza przepływającego przez otwarte drzwi (V_{n_v}).

UWAGA: W przypadku klatek schodowych, które spełniają wymagania aktualnych WT oraz są wydzielone drzwiami z samozamykaczem, łącznie z drzwiami prowadzącymi na zewnątrz, za wystarczający maksymalny obliczeniowy strumień powietrza uznaje się V_{n_max} = V_n + V_{n_p}, gdzie:

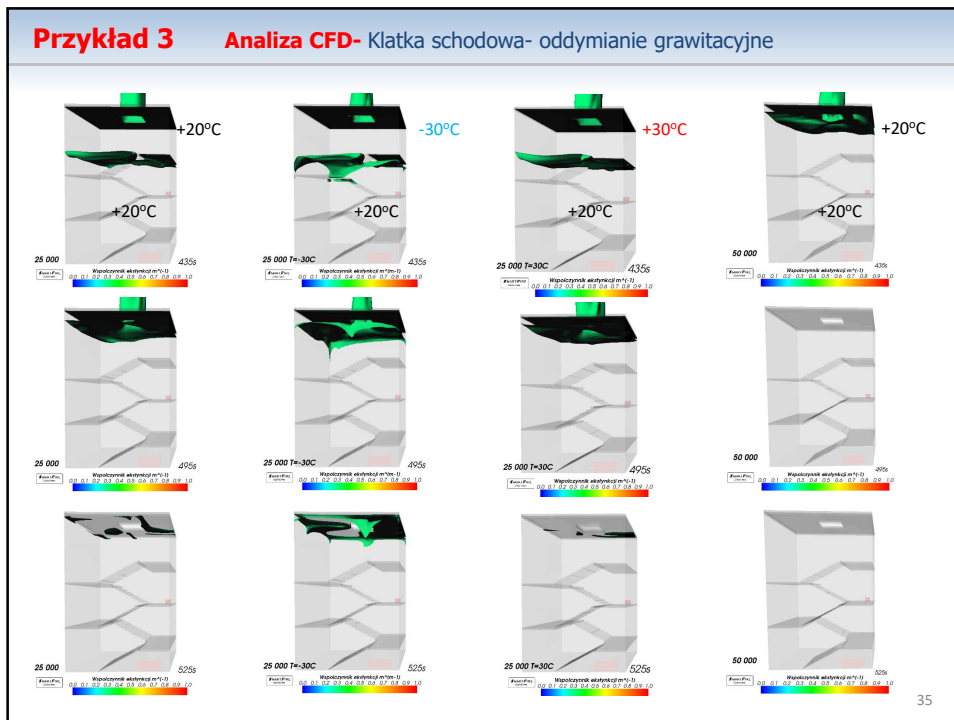
$$V_{n_p} = 0,83 \cdot A_e \cdot \Delta p^{0,5} \cdot 3600 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

33

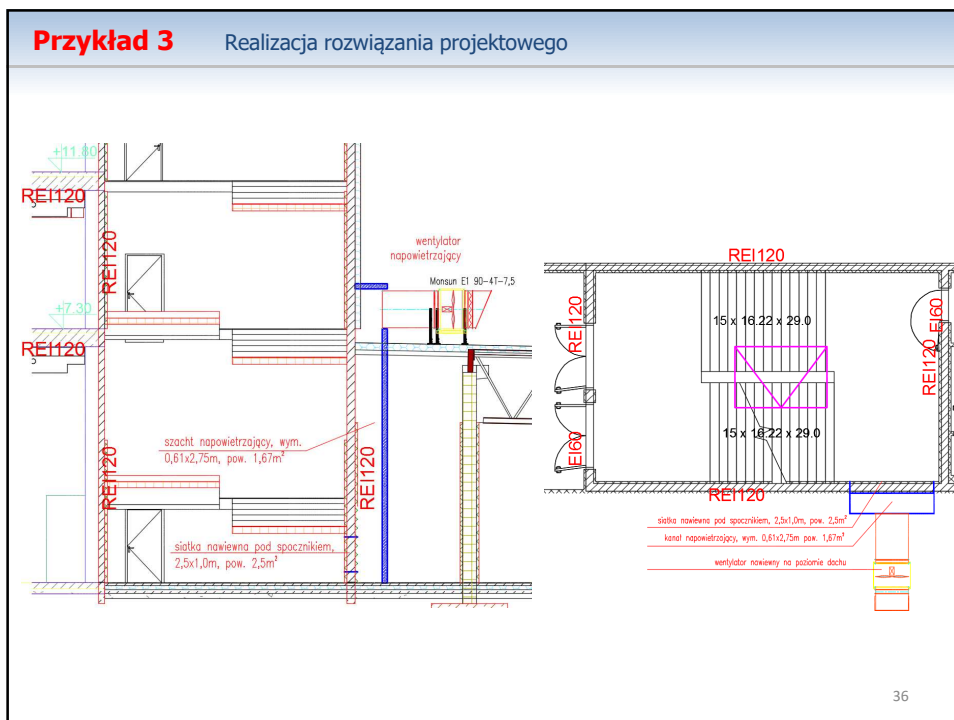
Przykład 3 Analiza CFD- Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne



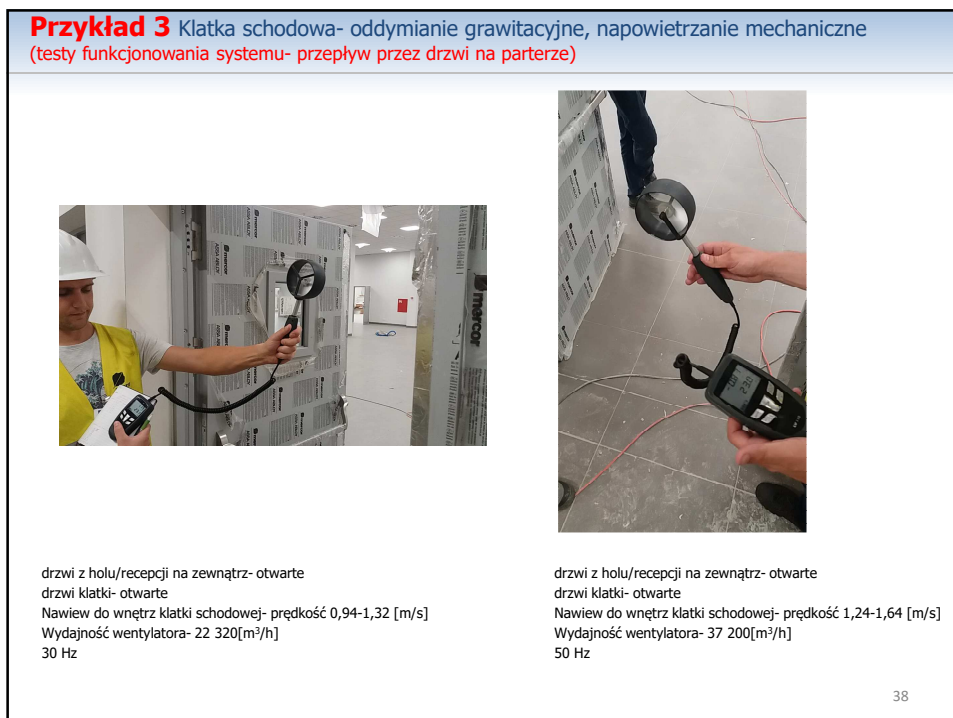
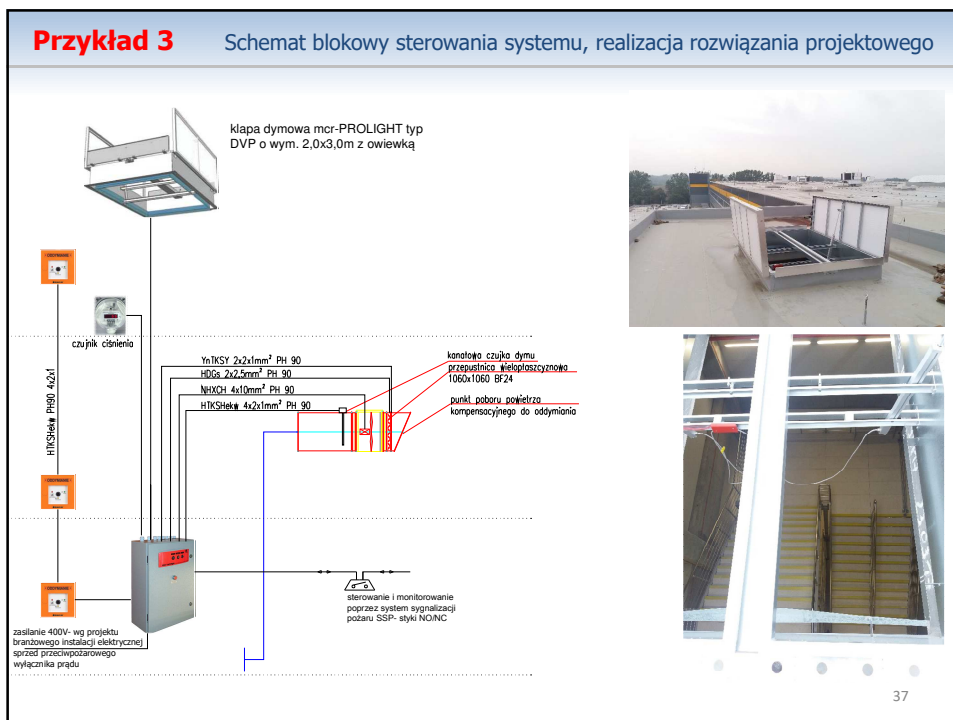
34

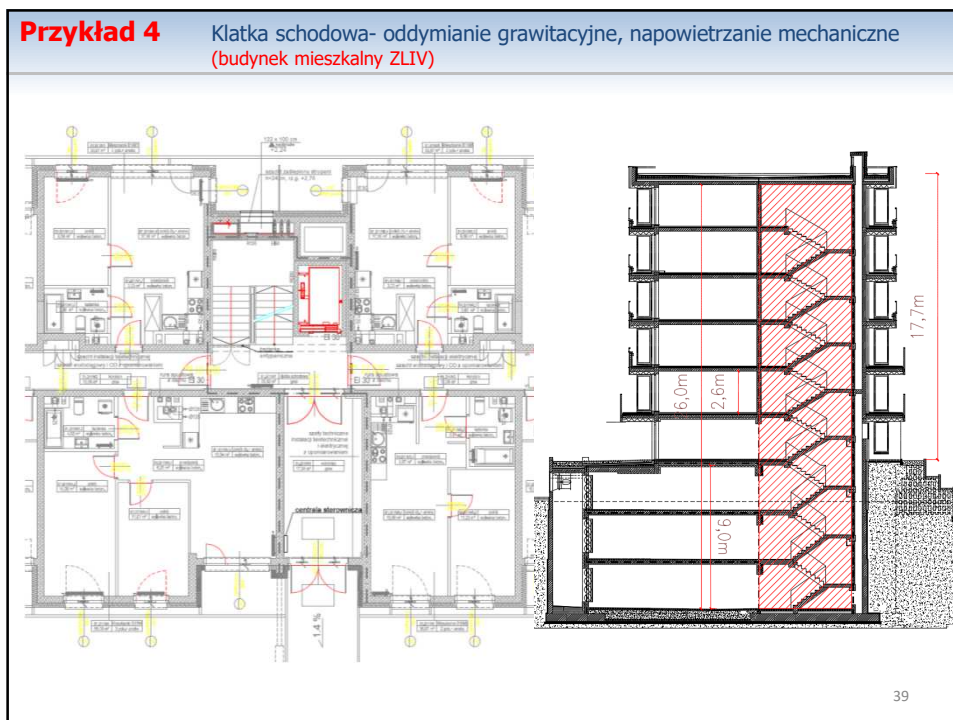


35



36





Przykład 4 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne
(obliczenia- rozwiązanie autorskie)

Dane wyjściowe:

Pow. klatki schodowej zlokalizowanej- 20,5m²

Wysokość- 17,7m (na potrzeby doboru kłapy dymowej)

Wymagana powierzchnia czynna oddymiania klatki schodowej- 5% rzutu klatki- tj. 20,5x5%= 1,025m²

Zaprojektowano kłapę dymową o wymiarach 1,3x1,5m- A_{cz} =1,35m²

Wymagana wydajność wentylatora napowietrzającego można obliczyć ze wzoru:

$$V_{nap.} = h \cdot A \cdot 1,5 \cdot \alpha \cdot \frac{60}{n}, [m^3 / h]$$

gdzie:

V_{nap.}- wymagana wydajność napowietrzania, [m³/h]

h- wysokość klatki schodowej, [m]

A- powierzchnia przekroju klatki, [m²]

α jeżeli h≤15 =>α=1, jeżeli h>15=>α=1+0,065*(h-15)

n- liczba kondygnacji

$$V_{nap.} = h \cdot A \cdot 1,5 \cdot \alpha \cdot \frac{60}{n} = 17,7 \cdot 20,5 \cdot 1,5 \cdot 1,176 \cdot \frac{60}{9} = 9\,636,1 [m^3/h]$$

W-001 Systemy usuwania dymu z klatek schodowych Rew. A.1:2016-11

„Dla typowych sytuacji projektowych mechaniczne dostarczenie powietrza wymiennego z wydajnością 6000 – 12000 m³/h zapewnia skuteczność systemu usuwania nie mniejszą niż uzupełnienie grawitacyjne”

Przykład 4 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne
(obliczenia w oparciu o Wytyczne CNBOP)

Dane wyjściowe:

Pow. klatki schodowej – 20,5m²

Wymagana powierzchnia czynna oddymiania klatki schodowej- 5% rzutu klatki- tj. 20,5x5%= 1,025m²

Zaprojektowano klapę dymową o wymiarach- 1,3x1,5m (A_{cz.} =1,35m²)

Wg wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016, Wydanie 2

$$V_{n_min}=0,2*20,5m^2*3600=14\ 760m^3/h$$

$$V_{n_v}=1,0*A_{drzwi}*3600=1,0*2,1*3600=7560m^3/h$$

(wym. drzwi na zewnątrz 2,0x2,1m, szer. skrzydła- 1,0m)

Łączna obliczeniowa wydajność napowietrzania- 22 320m³/h

Możliwe rozwiązanie techniczne:

Wentylator 23 000m³/h, 350 Pa, Ø800, moc 4kW

Jak spełnić rezerwowe zasilanie?

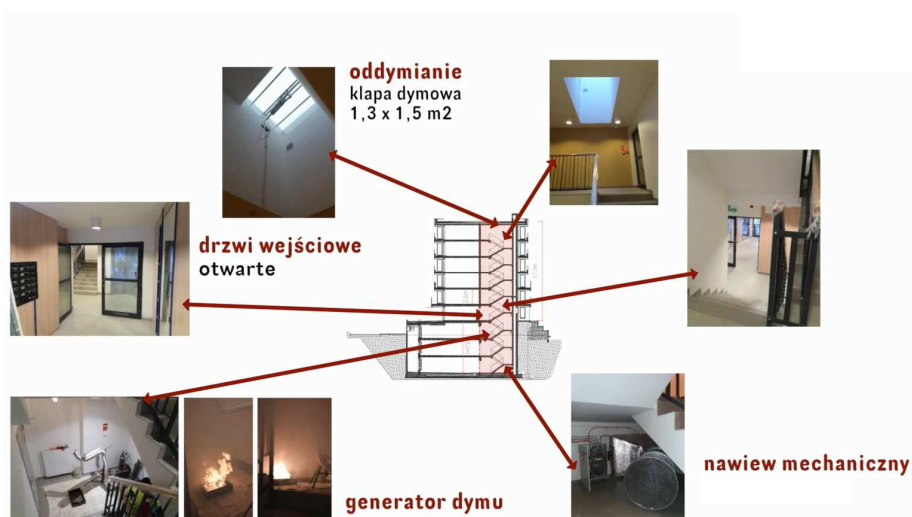
- drugie przyłącze (koszt drugiego przyłącza ok. 60 000 zł)
- agregat prądowłrczy (koszt agregatu ok. 20 000 zł)

Proponowane rozwiązanie

- Centrala zasilająco- sterująca z akumulatorami
- 2 zestawy wentylatorów V=12 000m³/h, 350 Pa, Ø800, moc do 1,5kW w układzie równoległym (należy przewidzieć miejsce na kanały i kraty nawiewne)

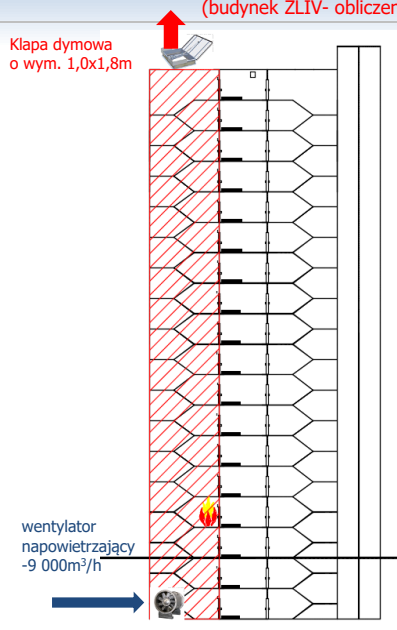
41

Przykład 4 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne
(testy/pomiary zrealizowanego rozwiązania projektowego)



42

Przykład 5 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne (budynek ZLIV- obliczenia)



Kłapa dymowa o wym. 1,0x1,8m

wentylator napowietrzający -9 000m³/h

Dane wyjściowe:
 Pow. klatki schodowej – 15,44m²
 Wysokość- 48,0m (16 kondygnacji nadziemnych)
 Wymagana powierzchnia czynna oddymiania klatki schodowej- 7,5% rzutu klatki- tj. 15,44x7,5%= 1,16m²
 Kłapa dymowa o wym. 1,3x1,5m, Acz= 1,28m²

Wg wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016, Wydanie 2

$$V_{n,min}=0,2*15,44m^2*3600=11\ 1168m^3/h$$

Wg wzoru empirycznego

$$V_{nap.}=hxAx1,5x\alpha(60/n)=54,0x1,5x3,53(60/18)= 14\ 736,71\ m^3/h$$

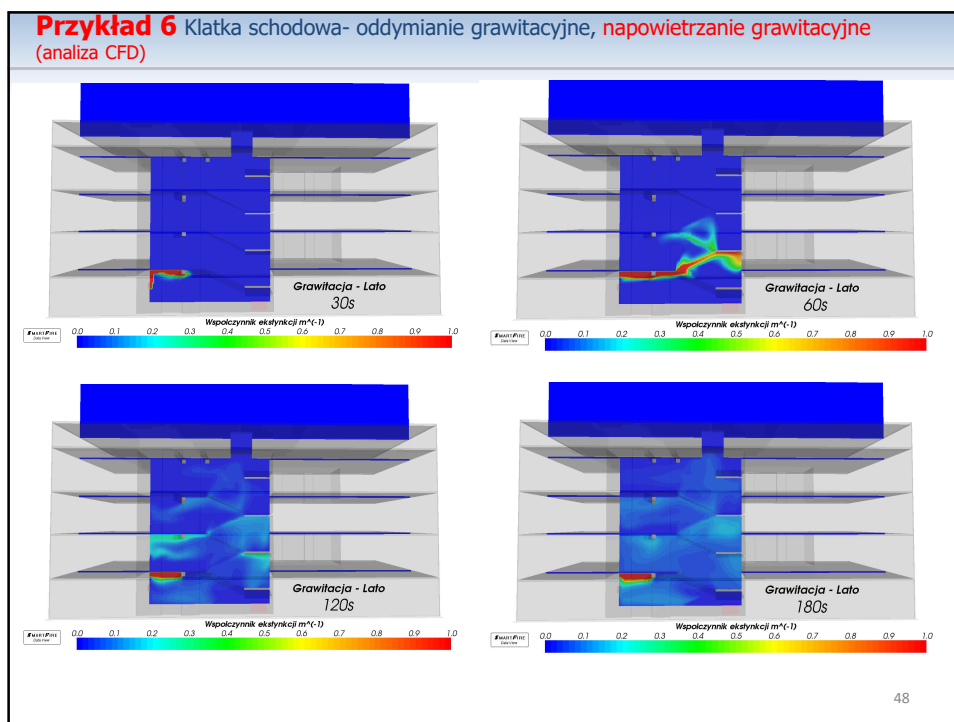
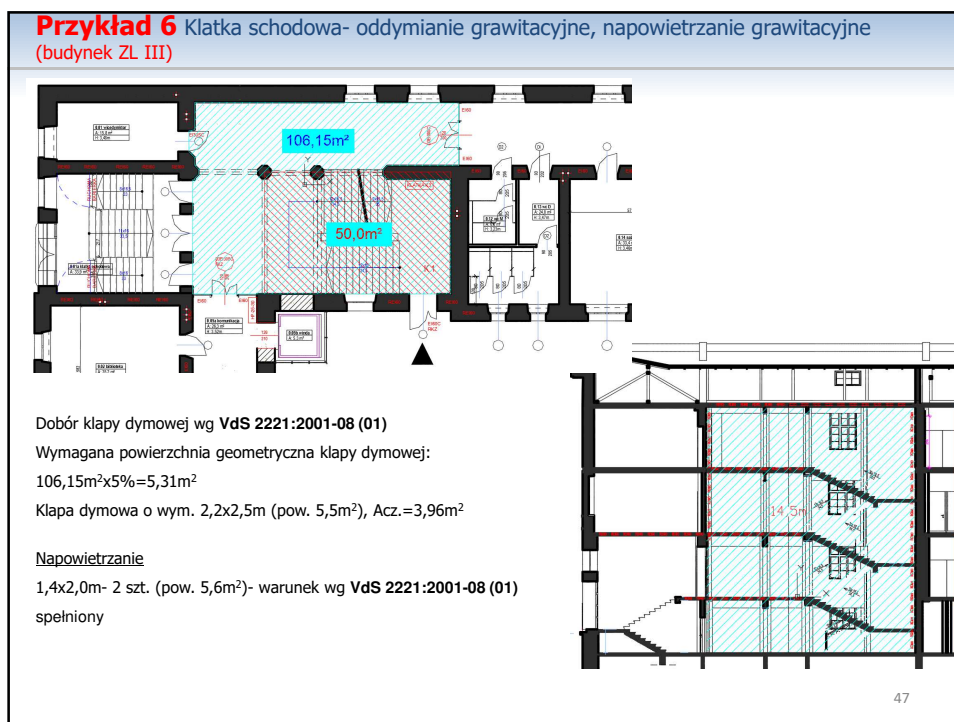
Wykorzystano istniejący wentylator o wydajności 9 000m³/h

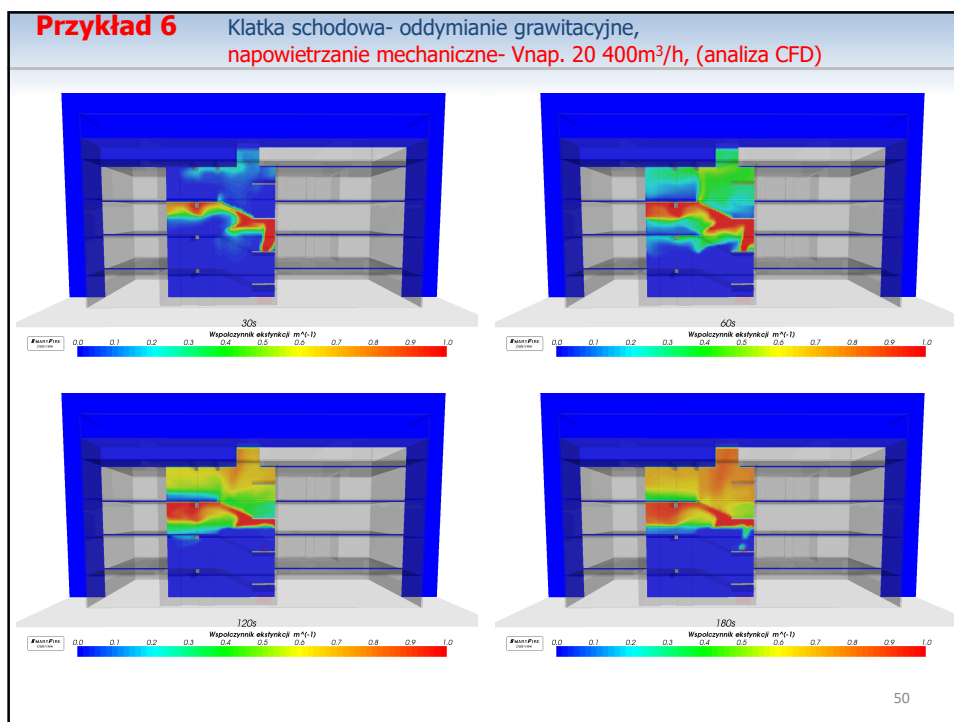
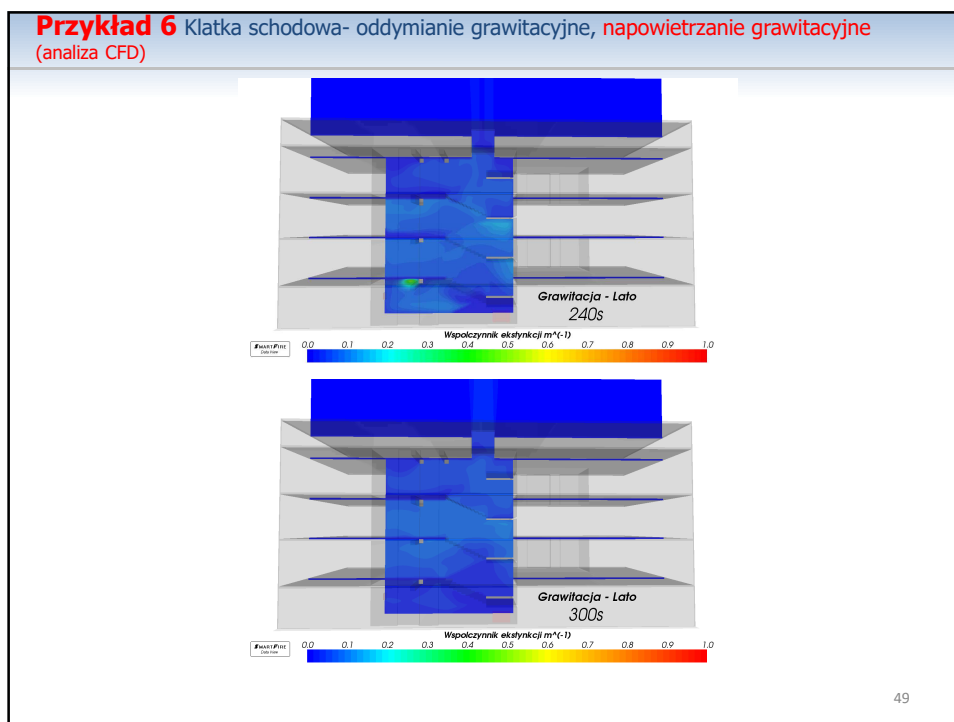
43

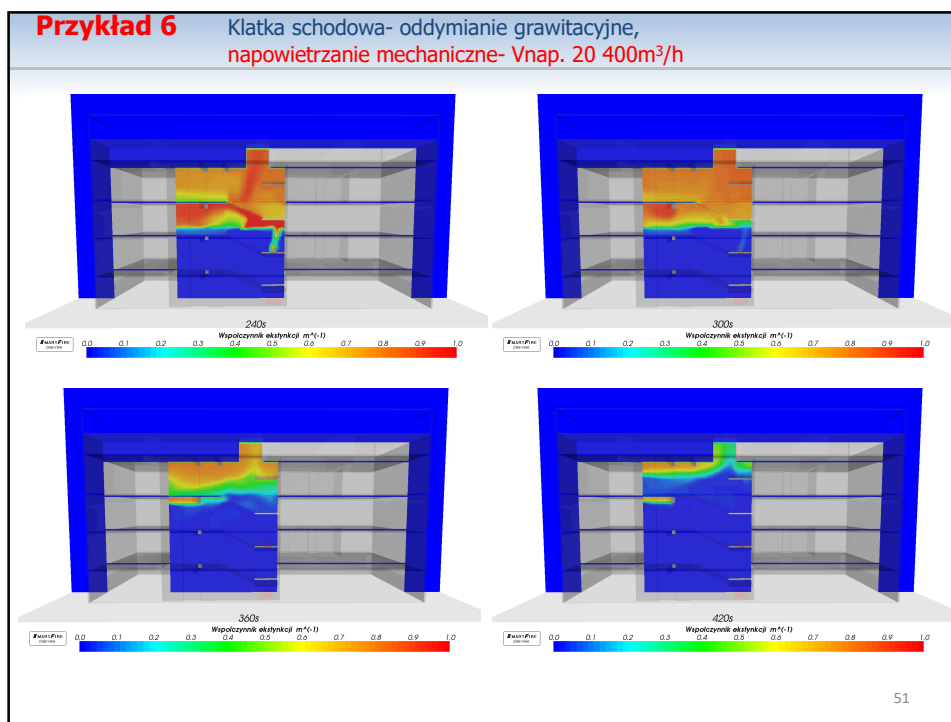
Przykład 5 Klatka schodowa- oddymianie grawitacyjne, napowietrzanie mechaniczne (testy funkcjonowania/pomiary zrealizowanego systemu)

Rodzaj obliczeń	Wymagana wydajność [m ³ /h]	Czas oddymiania klatki schodowej	Czas oddymiania kondygnacji	Prędkość przepływu na klapie dymowej, [m/s]
CNBOP-PIB W-0003:2016, Wydanie 1	17 648	x	x	x
Wzór empiryczny	13 110	x	x	x
Pomiary				
Zastosowany wydajność	9 000	4 min	do 20-25s/kondygnację	1,56
Wiedza techniczna (kryterium przepływu przez kłapę dymową- 1,0m/s)	6 480	7 min	do 30s/kondygnację	1,073

44







Wymagane dokumenty dopuszczające					
WYRÓB SPECYFIKACJA TECHNICZNA	WYMAGANE DOKUMENTY	WYMAGANE OZNAKOWANIE	WYRÓB SPECYFIKACJA TECHNICZNA	WYMAGANE DOKUMENTY	WYMAGANE OZNAKOWANIE
Zestaw wyrobów do odprowadzania dymu i ciepła Aprobata techniczna / Krajowa ocena techniczna	Krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych		Przepustnice do napływu powietrza kompensacyjnego Krajowa ocena techniczna (dla elementu lub jako element zestawu)	Krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych	
Centrale sterowania oddymianiem Aprobata techniczna / Krajowa ocena techniczna WTU: pkt 12.1	Krajowy certyfikat zgodności / krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych Świadczenie dopuszczenia	 	Czujniki ciśnienia Krajowa ocena techniczna (dla elementu lub jako element zestawu)	Krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych	
Zasilacze EN 12101-10 WTU: pkt 12.2	Certyfikat CPD / Certyfikat CPR Deklaracja właściwości użytkowych Świadczenie dopuszczenia	 	Czerpnie Kanały wentylacyjne Wentylatory nawiewne Zespoły napowietrzające Przyciski sterownicze inne niż RPO	Krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych	
Czujki dymu EN 54-7	Certyfikat CPD lub Certyfikat CPR Deklaracja właściwości użytkowych		Ujęte w Aprobacie technicznej / Krajowej ocenie technicznej dla zestawu wyrobów do odprowadzania dymu i ciepła		
Ręczny przycisk oddymiania Aprobata techniczna / Krajowa ocena techniczna WTU: pkt 12.3	Krajowy certyfikat zgodności / krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych Świadczenie dopuszczenia	 	Przewody i kable Aprobata techniczna / Krajowa ocena techniczna WTU: 14.1 lub 14.2	Krajowy certyfikat zgodności / krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych Świadczenie dopuszczenia	
Kłapy dymowe, ściennie urządzenia oddymiające EN 12101-2	Certyfikat CPD / Certyfikat CPR Deklaracja właściwości użytkowych		Systemy mocowania przewodów i kabli WTU: 14.3	Świadczenie dopuszczenia	
Elektromechaniczne silowniki liniowe, obrotowe Krajowa ocena techniczna WTU: pkt 12.4	Krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych Świadczenie dopuszczenia	 	Zespoły kablowe (§187 WT) Aprobata techniczna / Krajowa ocena techniczna	Krajowy certyfikat zgodności / krajowy certyfikat stałości właściwości użytkowych Krajowa deklaracja właściwości użytkowych	

Wnioski

- ❑ w przypadku braku możliwości napowietrzania grawitacyjnego istnieje możliwość stosowania systemu oddymiania kl. schodowych z nawiewem mechanicznym (nawiew mechaniczny nie jest obligatoryjny),
- ❑ Wyniki przeprowadzonych badań z wykorzystaniem ciepłego dymu oraz obliczeń numerycznych wykazują, że w warunkach, w których temperatura usuwanego dymu jest niższa od temperatury powietrza zewnętrznego, występuje zjawisko odwróconego przepływu.
- ❑ analizy numeryczne wykazują, że w przypadku uwzględnienia warunków letnich oraz oddawania ciepła do przegród budowlanych wyniki dla pożaru o parametrach wskazanych w wytycznych CNBOP mogą być negatywne (skuteczność systemu grawitacyjnego może być znikoma). **Jakie kryteria oceny i rozwiązanie projektowe przyjąć ?**
- ❑ system oddymiania z nawiewem mechanicznym pozwala ograniczyć wpływ warunków zewnętrznych na skuteczność systemu,
- ❑ istnieje możliwość zmniejszenia wydajności napowietrzania z zachowaniem przyjętych kryteriów projektowych zarówno w kontekście wytycznych CNBOP (brak opadania dymu poniżej kondygnacji objętej pożarem, czas oddymiania kondygnacji), jak również dodatkowego kryterium związanego z czasem oczyszczenia klatki schodowej,

53

Wnioski

- ❑ mniejsze wydajności pozwalają na:
 - zmniejszenie zapotrzebowania w energię elektryczną, co umożliwi zasilanie systemu z akumulatorów (brak zasilania rezerwowego - brak funkcjonowania systemu, „stan zagrożenia życia”),
 - mniejsze wymiary układu napowietrzającego (większe możliwości zamieszczenia kanału napowietrzającego w ograniczonym powierzchniowo układzie architektonicznym),
- ❑ w szczególnych przypadkach (np. wysokie podciąg wewnątrz klatki, warunki letnie) rozwiązania projektowe z napowietrzaniem grawitacyjnym (wg PN, Vds) mogą nie zagwarantować skuteczności systemu oddymiania,
- ❑ widoczna jest potrzeba edukacji w zakresie funkcjonowania i możliwości wykorzystania systemów oddymiania klatek schodowych przez jednostki PSP w trakcie działań,



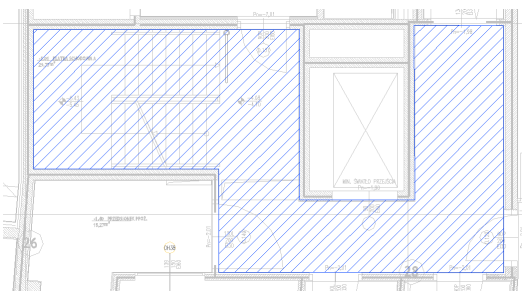
Źródło: Internet



Źródło: Internet

54

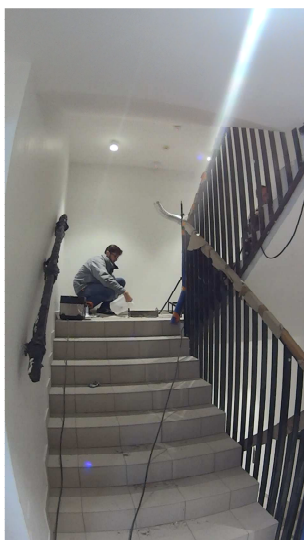
Wnioski



- napowietrzanie przez wentylator nawiewny osiowy
- rozprzestrzenianie dymu poniżej poziomu parteru (kondygnacje podziemne)
- oddymienie klatki poprzez uruchomienie nawiewu mechanicznego

55

Wnioski



- napowietrzanie przez wentylator nawiewny osiowy + uruchomiony system
- utrzymanie dymu na poziomie pożaru testowego
- wpływ nawiewanego strumienia na rozprzestrzenianie się dymu poza klatkę

56

Dziękuję za uwagę

mgr inż. Łukasz Ostapiuk
rzecznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych