

Zapobieganie przed zadymieniem przedsionków przeciwpożarowych. Jak uniknąć problemów eksploatacyjnych na etapie koncepcji projektowej



Mgr inż. Grzegorz Sypek

Etex Poland Sp. z o.o.

Wstęp

W niniejszym artykule opisano najważniejsze zagadnienia związane z praktyką projektową oraz jej wpływem na eksploatację systemów zapobiegania przed zadymieniem przedsionków przeciwpożarowych (przykładowo Rysunek 1). Standardy projektowe i korzystający z nich projektanci instalacji branży sanitarnej najwięcej uwagi poświęcają problematyce ochrony klatek schodowych, tymczasem to właśnie prawidłowo zabezpieczone przedsionki przeciwpożarowe stanowią pierwszą i często skuteczną linię obrony przed zadymieniem. Niewielkie służy, utrzymywane w nadciśnieniu w stosunku do przyległych do nich poziomych dróg ewakuacyjnych umożliwiają skuteczną kontrolę rozprzestrzeniania się dymu i ciepła, chroniąc klatki schodowe i szyby dźwigowe w zasadzie niezależnie od wysokości budynku. Doświadczenia prak-

tyczne z kalibracji na etapie rozruchów czy pomiary wykonywane w ramach przeglądów okresowych systemów różnicowania ciśnienia potwierdzają, że napowietrzanie przestrzeni o małych kubaturach stanowi ogromne wyzwanie dla układu pomiaru i regulacji ciśnienia. Wynika to głównie z wysokiej szczelności przedsionków, jak również dużej zmienności przepływów powietrza podczas ewakuacji. Z pomocą dla projektantów przychodzą tutaj doświadczenia praktyczne z pomiarów w skali rzeczywistej, które można z powodzeniem wykorzystać już na etapie opracowywania koncepcji projektowej.

Wymagania prawne

Wymagania dotyczące wielkości, obudowy i sposobu ochrony przedsionków przeciwpożarowych są opisane w Dziale VI. Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Minister Rozwoju i Technologii, 2022), dotyczącym bezpieczeństwa pożarowego odpowiednio w § 232 i § 246:

- **§ 232 Ust. 3.** *Przedsionek przeciwpożarowy powinien mieć wymiary rzutu poziomego nie mniejsze niż $1,4 \times 1,4$ m, ściany i strop, a także osłony lub obudowy przewodów i kabli elektrycznych z wyjątkiem wykorzystywanych w przedsionku oraz z wyjątkiem zespołów kablowych, o których mowa w § 187 ust. 3 – o klasie odporności ogniowej co najmniej E I 60 wykonane z materiałów niepalnych oraz powinien być zamykany drzwiami i wentylowany co najmniej grawitacyjnie, z zastrzeżeniem § 246 ust. 2 i 3.*
- **§ 246 Ust. 1.** *W budynku wysokim (W) i wysokościowym (WW), z zastrzeżeniem ust. 4, należy zapewnić możliwość ewakuacji do co najmniej dwóch klatek schodowych, które powinny być obudowane i oddzielone od poziomych dróg komunikacyjnych lub ewakuacyjnych oraz pomieszczeń, przedsionkiem przeciwpożarowym, odpowiadającym wymaganiom określonym w § 232. Ust. 2. Klatki schodowe i przedsionki przeciwpożarowe, stanowiące drogę ewakuacyjną w budynku wysokim (W) dla stref pożarowych innych niż ZL IV i PM oraz w budynku wysokościowym (WW), powinny być wyposażone w urządzenia zapobiegające ich zady-*



Rysunek 1. Przykładowy przedsionek przeciwpożarowy klatki schodowej z otworem transferowym

mieniu. Ust. 3. Klatki schodowe i przedsionki przeciwpożarowe, stanowiące drogę ewakuacyjną w budynku wysokim (W) dla strefy pożarowej PM, powinny być wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub samoczynne urządzenia oddymiające uruchamiane za pomocą systemu wykrywania dymu.

Uproszczony algorytm projektowania

Spełnienie wymagań prawnych, to warunek konieczny i dalece niewystarczający do opracowania spójnej koncepcji projektowej. Przed przystąpieniem do projektowania warto przeanalizować architekturę budynku i korespondujący z nią globalny schemat systemu wentylacji pożarowej, z uwzględnieniem scenariusza rozwoju pożaru oraz scenariuszy ewakuacji i prowadzenia akcji ratowniczej. Taka analiza na wstępnym etapie prac koncepcyjnych umożliwia określenie prawidłowych założeń do projektowania oraz funkcji celu, które chcemy zrealizować poprzez dobór kluczowych komponentów systemu i określenie ich współdziałania w przypadku pożaru. W Tabeli 1 opisano wybrane etapy projektowania z komentarzem dotyczącym praktycznego znaczenia podejmowanych decyzji.

Strumień objętościowy powietrza, jaki trzeba dostarczyć do przedsionka przeciwpożarowego na potrzeby wytworzenia w nim projektowej wartości nadciśnienia oraz prędkości przepływu można obliczyć ze wzoru (1).

$$Q_0 = C_v \cdot A_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P_R^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{m^3}{s} \rightarrow Q_C = C_v \cdot A_C \cdot \Delta P_R^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{m^3}{s} \quad (1)$$

gdzie:

- ρ – gęstość powietrza, kg/m^3 (domyślnie dla temperatury 20 °C)
- C_v – współczynnik wypływu aerodynamicznego, – (z przedziału 0,60–0,90)
- A_C – łączna powierzchnia szczelności w przedsionku, m^2
- ΔP – projektowa wartość różnicy ciśnienia, Pa (domyślnie 30–45 Pa)
- R – współczynnik bezwymiarowy, – (2,0 dla obliczeń inżynierskich)

Wartość współczynnika wypływu aerodynamicznego zależy istotnie od lokalizacji otworu nawiewnego do przedsionka przeciwpożarowego oraz otwartych drzwi ewakuacyjnych. Dla większości standardowych aplikacji, do obliczeń, można przyjmować $C_v = 0,83$. Z wykorzystaniem tej zależności można wyznaczyć również wymaganą powierzchnię efektywną otworów transferowych z przedsionka przeciwpożarowego lub przestrzeni open-space.

Wymiarowanie przewodów nawiewnych i komponentów służących do odprowadzenia powietrza należy wykonać dla projektowych wydajności wentylatorów przy założeniu granicznych prędkości przepływu w instalacji.

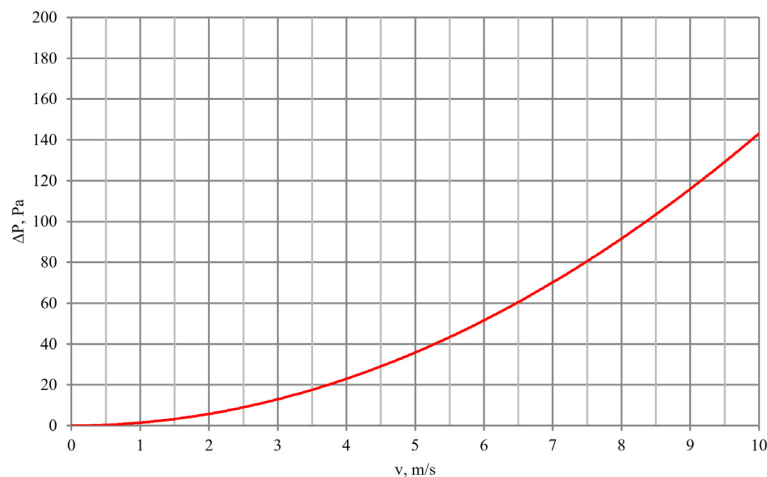
Sposoby doprowadzenia powietrza kompensacyjnego

Doprowadzenie powietrza kompensacyjnego do oddymiania korytarza może być realizowane:

- bezpośrednio z przedsionka przeciwpożarowego poprzez otwory transferowe w ścianie pomiędzy przed-

Tabela 1. Wybrane etapy projektowania systemu różnicowania ciśnienia w przedsionkach przeciwpożarowych

Etap	Opis	Komentarz
Wybór standardu projektowego	W przeważającej liczbie projektów jest to norma PN-EN 12101-13:2022-09 (PKN, 2022)	Norma dopuszcza różne sposoby zabezpieczenia przedsionków przeciwpożarowych, dlatego należy je weryfikować pod kątem zgodności z WT.
Określenie parametrów pracy systemu	– 40 Pa ± 10 Pa – projektowa wartość nadciśnienia w przedsionku ppoż. – 1,0 m/s lub 2,0 m/s – projektowa prędkość przepływu powietrza z przedsionka ppoż. – 100 N – maksymalna siła potrzebna do otwarcia drzwi ewakuacyjnych do przedsionka ppoż.	Parametry pracy systemu powinny być dostosowane do specyfiki budynku oraz aranżacji kondygnacji. Z uwagi na sposób doprowadzenia powietrza do napowietrzania przedsionków ppoż. warto przewidzieć odpowiednią tolerancję wartości projektowej.
Wybór ciśnienia odniesienia	Wydajność wentylatorów napowietrzających lub oddymiających jest regulowana automatycznie na podstawie (+) – (–) mierzonej w sposób ciągły wartości różnicowego ciśnienia statycznego.	Wybór reprezentatywnego ciśnienia odniesienia (–) ma kluczowe znaczenie dla prawidłowej pracy systemu. Zwykle nadciśnienie w przedsionku ppoż. jest ustalane w odniesieniu do korytarza na kondygnacji, na której wykryto pożar.
Określenie sposobu doprowadzenia powietrza do przedsionków ppoż.	W większości projektów powietrze do przedsionków ppoż. jest doprowadzone poprzez niezależny przewód lub szacht nawiewny w klasie odporności ogniowej EI S120 z otworami nawiewnymi zabezpieczonymi klapami wentylacji pożarowej.	W przypadku braku możliwości doprowadzenia powietrza w opisany sposób możliwe jest napowietrzanie przedsionków ppoż. pośrednio poprzez odpowiednie zabezpieczone otwory transferowe z chronionej nadciśnieniowo klatki schodowej.
Odprowadzenie powietrza z kondygnacji	Odprowadzenie powietrza dla różnicowania ciśnienia może być realizowane poprzez wyciąg mechaniczny lub grawitacyjny poprzez szacht lub okno. Zwykle odprowadzenie powietrza jest zapewnione przez stałowydawkową instalację oddymiania korytarza.	W przypadku zastosowania mechanicznego odprowadzenia powietrza konieczne jest zapewnienie doprowadzenia powietrza kompensacyjnego do oddymiania w proporcji bliskiej 1 do 1.
Uwzględnienie scenariusza ewakuacji i akcji ratowniczej	W przypadku napowietrzania przedsionków ppoż. wiąże się to z założeniem jednoczesności napowietrzania przedsionków oraz liczby otwartych do przedsionka ppoż. drzwi ewakuacyjnych.	W przypadku przedsionków ppoż., do których prowadzą więcej niż jedno drzwi na potrzeby prowadzenia akcji gaśniczej można przyjąć otwarcie tylko jednych drzwi.



Rysunek 2. Zależność różnicy ciśnienia w funkcji prędkości przepływu powietrza – obliczenia własne na podstawie wzoru (1) z normy PN-EN 12101-13

Tabela 2. Zestawienie różnic ciśnienia i średnich prędkości przepływu powietrza przez otwór o powierzchni 1,0 m² wg. normy PN-EN 12101-13

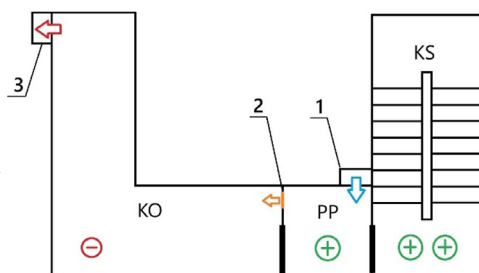
Różnica ciśnienia ΔP, Pa	Średnia prędkość przepływ powietrza v, m/s
1	0,83
5	1,86
30	4,55
50	5,87

Tabela 3. Zalecane prędkości przepływu do wymiarowania przewodów systemu różnicowania ciśnienia – praktyka projektowa

Przewód/szacht, –	Prędkość przepływu w przewodzie v, m/s
nawiew do przedsionka ppoż.	8
mechaniczne odprowadzenie powietrza	10
grawitacyjne odprowadzenie powietrza	2

gdzie:

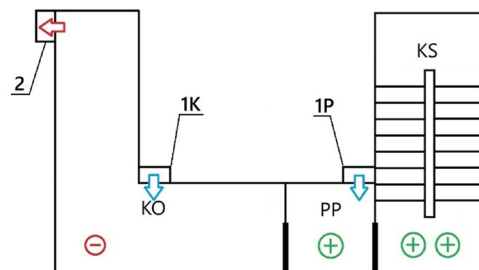
- KS – klatka schodowa
- PP – przedsionek przeciwpożarowy
- KO – korytarz
- 1 – szacht napowietrzający przedsionek przeciwpożarowy
- 2 – otwór transferowy w ścianie
- 3 – wyciąg mechaniczny (odprowadzenie powietrza)



Rysunek 3. Schemat ideowy systemu zapobiegania przed zadymieniem przedsionka przeciwpożarowego z transferem powietrza kompensacyjnego do korytarza. Źródło: opracowanie własne

gdzie:

- KS – klatka schodowa
- PP – przedsionek przeciwpożarowy
- KO – korytarz
- 1P – szacht napowietrzający przedsionek przeciwpożarowy
- 1K – szacht doprowadzający powietrze kompensacyjne do korytarza
- 2 – wyciąg mechaniczny (odprowadzenie powietrza)



Rysunek 4. Schemat ideowy systemu zapobiegania przed zadymieniem przedsionka przeciwpożarowego z dodatkowym szachtem doprowadzającym powietrze kompensacyjne do korytarza. Źródło: opracowanie własne

sionkiem, a korytarzem (Rysunek 3),

- z wykorzystaniem dodatkowego szachtu nawiewnego lub napływu grawitacyjnego powietrza kompensacyjnego bezpośrednio do korytarza (Rysunek 4),

Typowe systemy różnicowania ciśnienia są projektowane, tak aby w przestrzeni oddymianych mechanicznie dróg ewakuacyjnych panowało niewielkie podciśnienie np. od –10 do –5 Pa. W przypadku zastosowania dodatkowego szachtu kompensacyjnego do korytarza możliwe jest również zaprojektowanie rozwiązania, które umożliwia wytworzenie w korytarzu niewielkiej wartości nadciśnienia w stosunku do przyległych pomieszczeń, co może zapobiegać napływowi dymu przez nieszczelności z pomieszczenia objętego pożarem do korytarza. Brak rozszczelnienia ścian pomieszczeń chronionych nadciśnieniowo zapewnia potencjalnie najwyższą skuteczność w zakresie kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Jednocześnie szczelny przedsionek i duża zmienność projektowych strumieni objętościowych powietrza, dostarczanych do przedsionka wymaga zastosowania zaawansowanego układu regulacji odpornego na niegasnące oscylacje różnicy ciśnienia.

W projektach, w których nie ma możliwości zastosowania zaawansowanych układów automatyki kontrolno-pomiarowej zalecane jest ograniczanie dużej zmienności parametrów pracy systemu tj. projektowanie systemów możliwie bliskich stałowydatkowym. Przykład takiego rozwiązania zaprezentowano poniżej. W proponowanym wariancie przedsionek przeciwpożarowy jest napowietrzany pośrednio z klatki schodowej i wentylowany poprzez układ dwóch ściennych transferów powietrza. Projektowa prędkość przepływu powietrza z przedsionka do korytarza jest osiągnięta przy jednoczesnym otwarciu drzwi ewakuacyjnych prowadzących do klatki schodowej. Powietrze kompensacyjne do oddymiania jest doprowadzone przez niezależny szacht, bezpośrednio do korytarza. Takie rozwiązanie wymaga precyzyjnej kontroli rozkładu ciśnienia w klatce schodowej oraz dokładnego zwymiarowania powierzchni efektywnych otworów transferowych. W konsekwencji na etapie formułowania złoża projektowych warto przewidzieć wyższe tolerancje wartości nadciśnienia w przedsionkach przeciwpożarowych np. 30 Pa ± 20 Pa.

Praktyczne wskazówki

Projektowanie i eksploatacja systemów różnicowania ciśnienia stanowi duże wyzwanie, szczególnie w przypadku budynków o skomplikowanej architekturze. Niektóre problemy wynikają wprost ze specyfiki przestrzeni chronionych lub innych funkcji celu, niemniej jednak na podstawie doświadczeń praktycznych można wskazać również typowe problemy, które na odpowiednim etapie prac można rozwiązać w stosunkowo prosty sposób.

Wnioski

Prawidłowo zaprojektowany i eksploatowany system zapobiegania przed zadymieniem przedsionków przeciwpożarowych stanowi gwarancję utrzymania dróg ewakuacyjnych w stanie wolnym od dymu, niezależnie od wysokości budynku i realizowanego scenariusza ewakuacji. Na etapie koncepcji projektowej należy założyć możliwe do osiągnięcia w warunkach rzeczywistych tolerancje projektowej wartości nadciśnienia oraz przewidzieć sposób regulacji nadciśnienia w przedsionkach przeciwpożarowych. Podczas kalibracji systemu i pomiarów prowadzonych w ramach przeglądów okresowych szczególną uwagę należy poświęcić kondygnacjom o indywidualnej aranżacji i piętrům technicznym. Pomiarów parametrów funkcjonalnych systemu różnicowania ciśnienia w przedsionkach należy wykonać osobno dla każdej kondygnacji, zgodnie z kierunkiem ewakuacji.

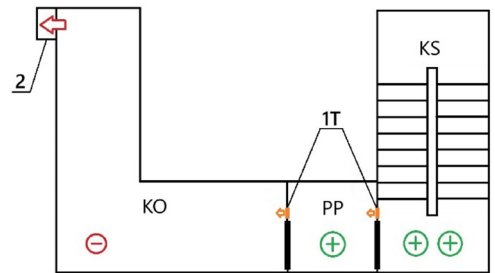
Bibliografia

Minister Rozwoju i Technologii (2022). Obwieszczenie

Tabela 4. Projektowanie systemu różnicowania ciśnienia w przedsionkach przeciwpożarowych – jak rozwiązać typowe problemy.
Źródło: opracowanie własne

Problem	Rozwiązanie
Konieczność regulacji nadciśnienia w rozległej instalacji napowietrzania przedsionków ppoż.	Zaprojektować czujniki różnicy ciśnienia przedsionek – odniesienie w każdym z przedsionków ppoż.
Brak możliwości zaprojektowania przewodu nawiewnego do przedsionka ppoż.	Zaprojektować otwór transferowy z klatki schodowej do przedsionka ppoż. zwymiarowany dla projektowej różnicy ciśnienia np. 10 Pa
Brak miejsca na montaż klap transferowych w ścianie przedsionka ppoż.	Zaprojektować dodatkowy przewód/szacht kompensacyjny na kondygnacji poza przedsionkiem ppoż. Wentylator nawiewny może działać w układzie Slave – Master z wentylatorem napowietrzającym przedsionek ppoż.
Brak możliwości zaprojektowania szachtu do odprowadzenia powietrza	Zaprojektować otwierane automatycznie panele elewacyjne, rozmieszczone na co najmniej dwóch przeciwnych lub sąsiednich elewacjach
Brak możliwości doprowadzenia wymaganego strumienia objętościowego powietrza kompensacyjnego do oddymiania	Zaprojektować instalację oddymiania o zmiennym wydatku z wykorzystaniem wyłączników krańcowych. W takim przypadku należy zwrócić uwagę na zmienną skuteczność oddymiania
Brak możliwości rozprowadzenia poziomych przewodów oddymiających w korytarzu	Zaprojektować punkty wyciągowe bezpośrednio na szachtach oddymiających (wyciąg skoncentrowany). Punkty wyciągowe powinny być zlokalizowane w częściach korytarza odległych od przedsionków ppoż.
Konieczność rozszczelnienia elewacji budynku	Zaprojektować aktywny system napowietrzania przedsionków ppoż. umożliwiający kompensację parcia wiatru
Konieczność ograniczenia skokowego wzrostu nadciśnienia w przedsionku po zamknięciu drzwi ewakuacyjnych	Zaprojektować dodatkowe rozszczelnienie przedsionka ppoż. na przykład w postaci otworu transferowego zabezpieczonego przeciwpożarową klapą odcinającą o200 mm
Brak osiągnięcia projektowej prędkości przepływu powietrza z przedsionka przeciwpożarowego do przestrzeni użytkowej na kondygnacji objętej pożarem	Zwiększyć wydajność wentylatora oddymiającego służącego do odprowadzenia powietrza dla różnicowania ciśnienia
Przekroczenie maksymalnej dopuszczalnej siły potrzebnej do otwarcia drzwi ewakuacyjnych	Zweryfikować siłę operacyjną netto drzwi z samozamykaczem i dokonać jego regulacji. Ograniczyć wydajność instalacji służącej do odprowadzenia powietrza
Zmiany aranżacji kondygnacji lub sposobu wykończenia podłóg	Wykonać pomiary weryfikacyjne różnicy ciśnienia, siły potrzebnej do otwarcia drzwi ewakuacyjnych i prędkości przepływu powietrza. Opcjonalnie usunąć wykładziny przylegające do skrzydeł drzwiowych
Podział korytarza ewakuacyjnego ściankami	Zaprojektować otwory transferowe umożliwiające połączenie hydrauliczne poszczególnych sekcji korytarza

gdzie:
 KS – klatka schodowa
 PP – przedsionek przeciwpożarowy
 KO – korytarz
 1T – zespół otworów transferowych do napowietrzania przedsionka przeciwpożarowego
 2 – wyciąg mechaniczny lub upust grawitacyjny (odprowadzenie powietrza)



Rysunek 5. Schemat ideowy systemu zapobiegania przed zadymieniem przedsionka przeciwpożarowego z układem transferowym umożliwiającym pośrednie napowietrzanie z klatki schodowej. Źródło: opracowanie własne

z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 poz. 1225)

PKN. (2022). PN-EN 12101-13:2022-09 Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – Część 13: Systemy różnicowania ciśnień (SRC) – Projektowanie i metody obliczeniowe, instalowanie, badania okresowe i konserwacja. Polski Komitet Normalizacyjny