

Zapewnienie skutecznych oddzielení przeciwpożarowych w budynkach jednokondygnacyjnych

mgr inż. Piotr Smardz



VI Konferencja naukowo-techniczna „Ochrona przeciwpożarowa obiektów budowlanych”
Kielce 31.05.2022

- Prezentacja dotyczy przede wszystkim **ścian oddzielenia przeciwpożarowego w jednokondygnacyjnych budynkach produkcyjno-magazynowych**
- Przykłady skutecznego / nieskutecznego zadziałania takich ścian w rzeczywistych pożarach
- Wymagania przepisów techniczno-budowlanych
- Aspekty projektowe / konstrukcyjne które należy uwzględnić chcąc zapewnić skuteczne wydzielenie
- Możliwe rozwiązania zamienne / analizy inżynierskie
- Dostępne publikacje i wytyczne projektowe



Warunki skutecznego oddzielenia przeciwpożarowego

- Zachowanie integralności przegrody budowlanej (ściany/stropu)
- Ograniczenie przyrostu temperatury na stronie nienagrzewanej
- Zachowanie integralności oraz izolacyjności biernych wypełnień otworów oraz przepustów instalacyjnych
- Prawidłowe zadziałanie samoczynnych elementów „mechanicznych” tj. drzwi przeciwpożarowych na elektrozaczepach, bram przeciwpożarowych oraz przeciwpożarowych klap odcinających
 - Sprawność techniczna tych urządzeń
 - Sprawność „organizacyjna” – zachowanie wolnego światła otworu
- Eliminacja ścieżek zewnętrznego „obejścia” przegrody przez płomienie / promieniowanie ciepłe



Przykład uszkodzenia ściany oddzielenia przeciwpożarowego



Pożar obiektu magazynowego (źródło T. Wiśniewski)



Przykład niezadziałania zamknięć przeciwpożarowych



Pożar obiektu produkcyjno-magazynowego



Przykład skutecznych oddzielení przeciwpózarowych



Pózar zakładu produkcyjnego Boryszew w Prenzlau (Niemcy), 13 kwietnia 2014.







Przykład skutecznych oddzielení przeciwpózarowych



Wymagania dla ścian oddzielenia przeciwpożarowego

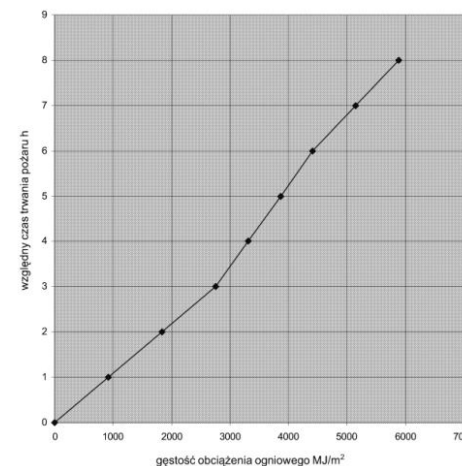
- Wymóg zapewnienia klasy odporności ogniowej REI wynikającej z klasy odporności pożarowej rozdzielanych stref pożarowych (REI 60 – REI 240)
- Wymóg wykonania z materiałów niepalnych
- Wymóg odpowiedniej obudowy / zabezpieczenia otworów
- Wymóg właściwego zabezpieczenia przejść instalacyjnych
- Wymóg wzniesienia „na własnym fundamencie lub na stropie, opartym na konstrukcji nośnej o klasie odporności ogniowej nie niższej niż odporność ogniowa ściany”
- Wymagania dotyczące rozwiązań w miejscach połączeń ściany OPP ze ścianą zewnętrzną oraz z dachem

Co z odpornością mechaniczną ściany – odpornością na uderzenie w kierunku prostopadłym do jej powierzchni?



Klasa odporności ogniowej przegrody OPP – z czego ona wynika?

- Wymagania dotyczące klasy odporności ogniowej REI przegrody są funkcją klasy odporności pożarowej rozdzielanych stref
- Intuicyjne jest, iż klasa odporności ogniowej przegrody REI powinna być powiązana z potencjalną długością oddziaływania termicznego tj. z przewidywanym czasem trwania pożaru
- Rzeczywisty czas trwania pożaru zależy przede wszystkim od ilości materiału palnego w danym pomieszczeniu / strefie (wyrażanej jako średnia gęstość obciążenia ogniowego) oraz od warunków wentylacji (dostęp tlenu)
- Rozwój pożaru oraz czas jego oddziaływania może być również ograniczony czynnikami zewnętrznymi takimi jak zadziałanie instalacji gaśniczej lub interwencja straży pożarnej



Klasa odporności ogniowej przegrody OPP – z czego ona wynika?

- W przypadku jednokondygnacyjnych stref PM i IN powiązanie klas odporności pożarowej strefy i w konsekwencji wymagań dla odporności ogniowej ścian OPP z gęstością obciążenia ogniowego w oddzielanych strefach jest więc jak najbardziej logiczne
- W przypadku stref ZL (a do pewnego stopnia także w przypadku wielokondygnacyjnych budynków PM) powiązanie tych wymagań z wysokością budynku jest wyrazem obawy przed konsekwencją rozprzestrzenienia się pożaru – analogiczna sytuacja występuje w odniesieniu do głównej konstrukcji nośnej
- Jaka jest różnica pomiędzy możliwością rozprzestrzenienia się pożaru pomiędzy strefami ZL III (np. biura) w budynku dwukondygnacyjnym a w budynku wysokościowym?



Elementy oddzielenia przeciwpożarowego a elementy konstrukcji

Klasa odporności pożarowej budynku	Klasa odporności ogniowej		
	Ściany i stropy oddzielenia przeciwpożarowego	Główna konstrukcja nośna	Konstrukcja dachu
A	REI 240	R 240	R 30
B	REI 120	R 120	R 30
C	REI 120	R 60	R 15
D	REI 60	R 30	(-)
E	REI 60	(-)	(-)



Nośność ogniowa (R)

Nośność ogniowa R jest to zdolność elementu konstrukcji do wytrzymywania oddziaływania ognia przy określonych oddziaływaniach mechanicznych, przez określony czas, bez utraty właściwości nośnych.

Kryteria oceny:

Dla elementów zginanych: ugięcie i prędkość przyrostu ugięcia
np. dla belek $D=L^2/400$ d (mm) i $dD/dt = L^2 / 9000$ d (mm/min)

Dla elementów obciążonych osiowo: skrócenie i prędkość przyrostu skrócenia

np. dla słupów $C=h/100$ (mm) i $dC/dt = 3h / 1000$ d (mm/min)

Co to oznacza w praktyce?

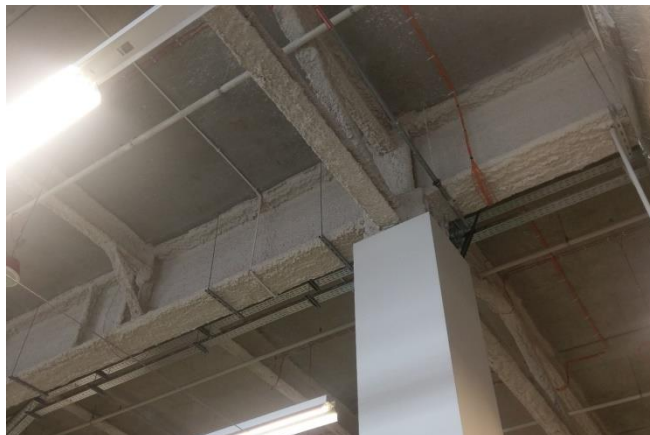
Dla belki $L=8$ m i $d=0,6$ m maksymalne dopuszczalne ugięcie to **0,27 m!**



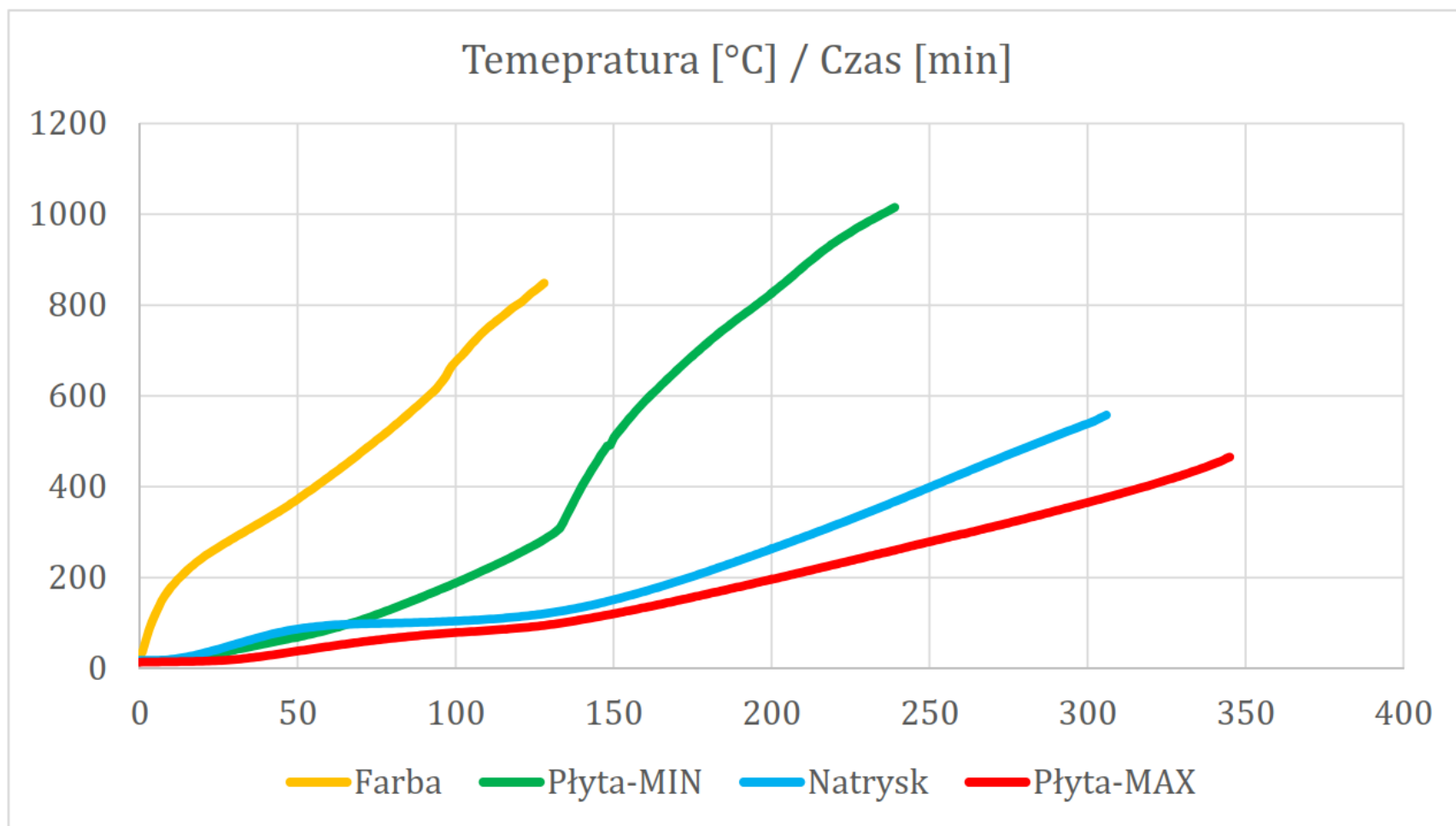
Nośność ogniowa (R) – wpływ rodzaju zabezpieczenia

Rodzaj zabezpieczenia ogniochronnego zastosowanego do ochrony danego elementu konstrukcyjnego ma wpływ na zachowanie się tego elementu w trakcie pożaru.

Przy nominalnie tej samej klasie odporności ogniowej element zabezpieczony farbą pęczniejącą zachowa się inaczej niż analogiczny element zabezpieczony natryskiem lub płytami ogniochronnymi tzn. inny będzie przyrost odkształceń tego elementu w czasie.



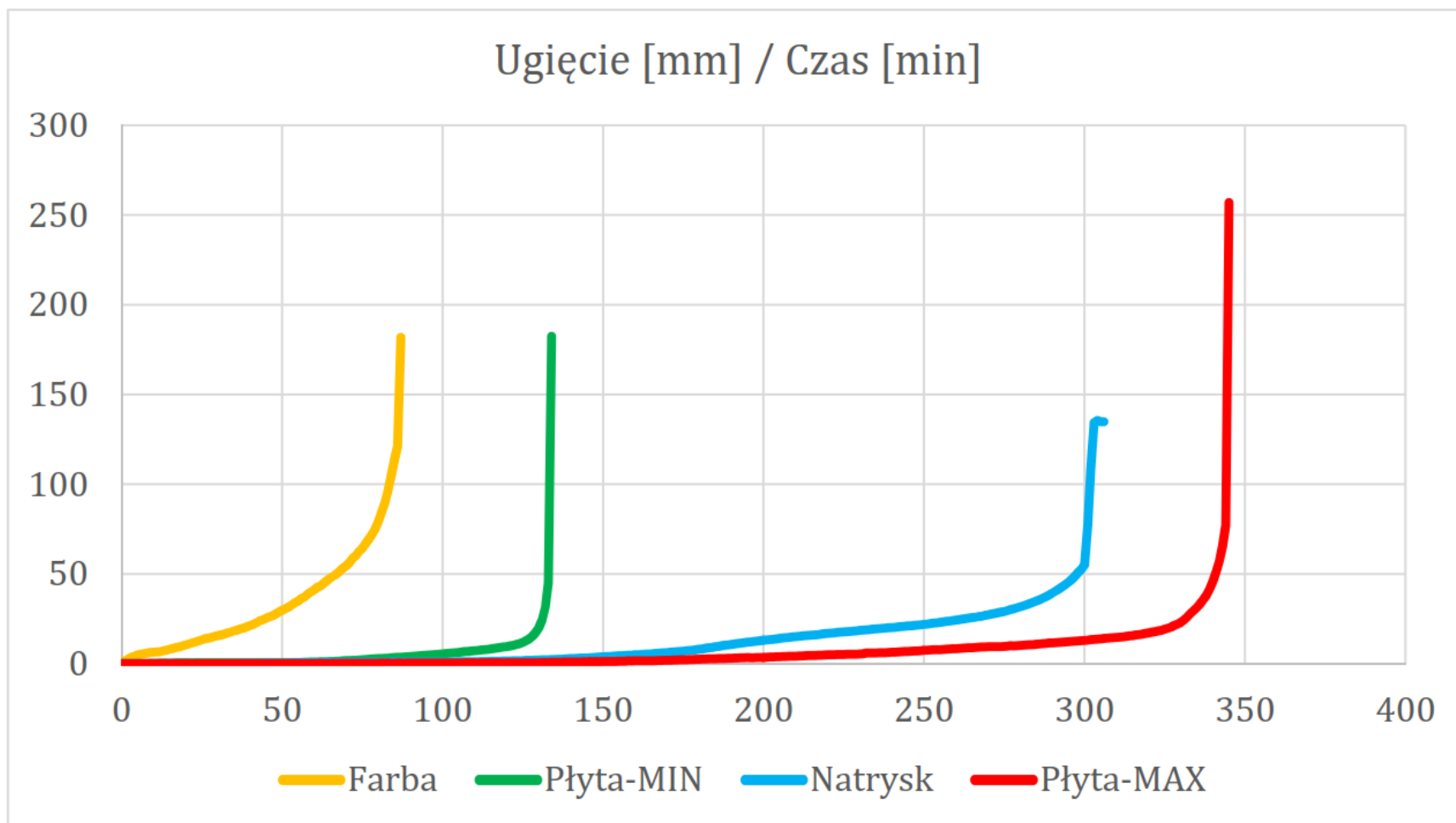
Nośność ogniowa (R) – wpływ rodzaju zabezpieczenia



Autor: Piotr Turkowski, ITB



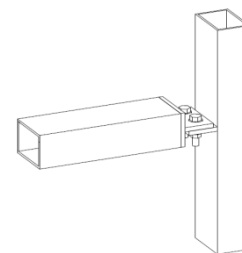
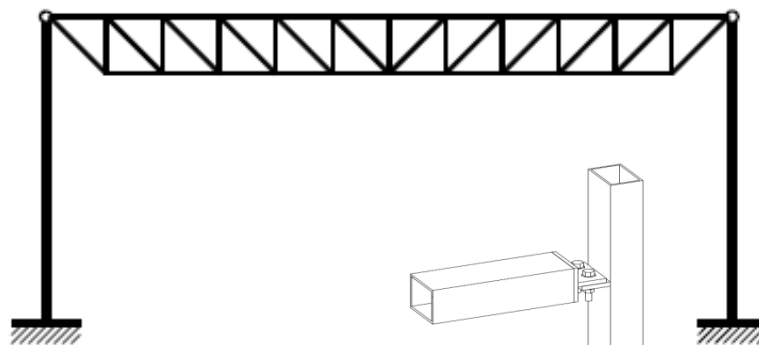
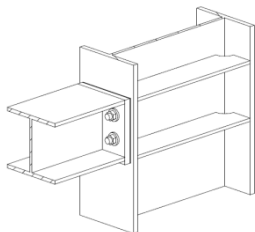
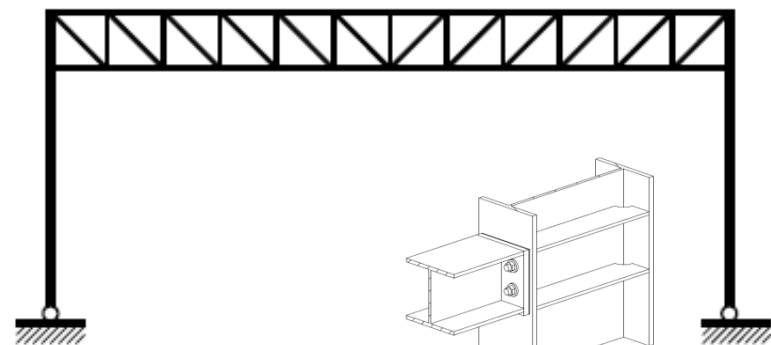
Nośność ogniowa (R) – wpływ rodzaju zabezpieczenia



Autor: Piotr Turkowski, ITB



Główna konstrukcja nośna / konstrukcja dachu

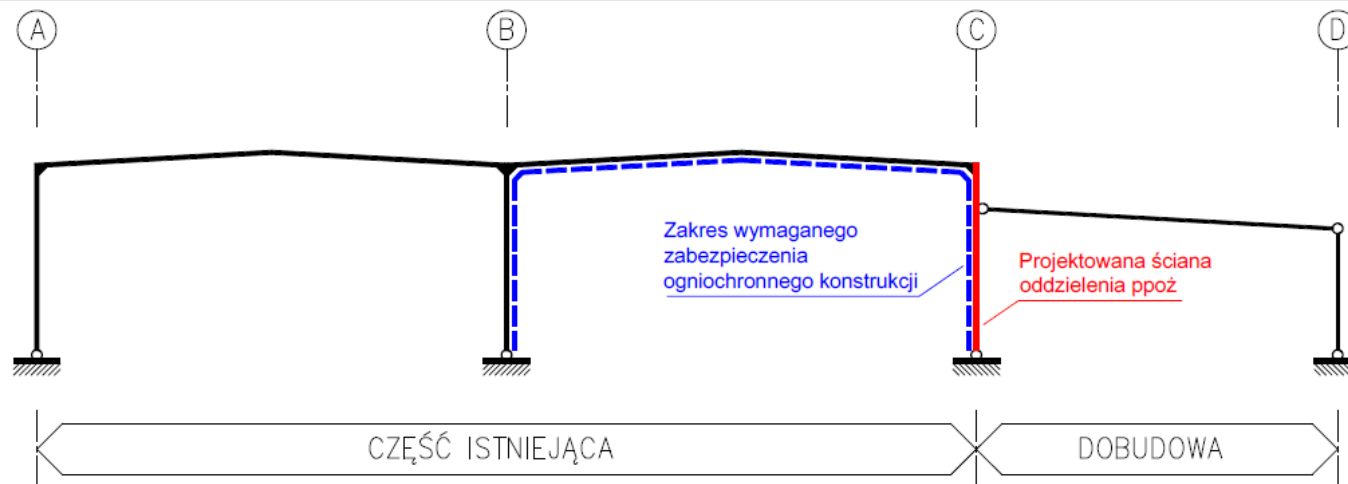


Dla określenia roli danego elementu konstrukcji budynku (np. element konstrukcji dachu lub element głównej konstrukcji nośnej) istotne jest pojęcie schematu statycznego budynku. Schemat ten (w pewnym uproszczeniu) określa sposób przenoszenia obciążeń przez konstrukcję budynku oraz sposób połączenia poszczególnych elementów (belek, słupów, rygli) ze sobą. Połączenia elementów mogą być przegubowe lub sztywne.

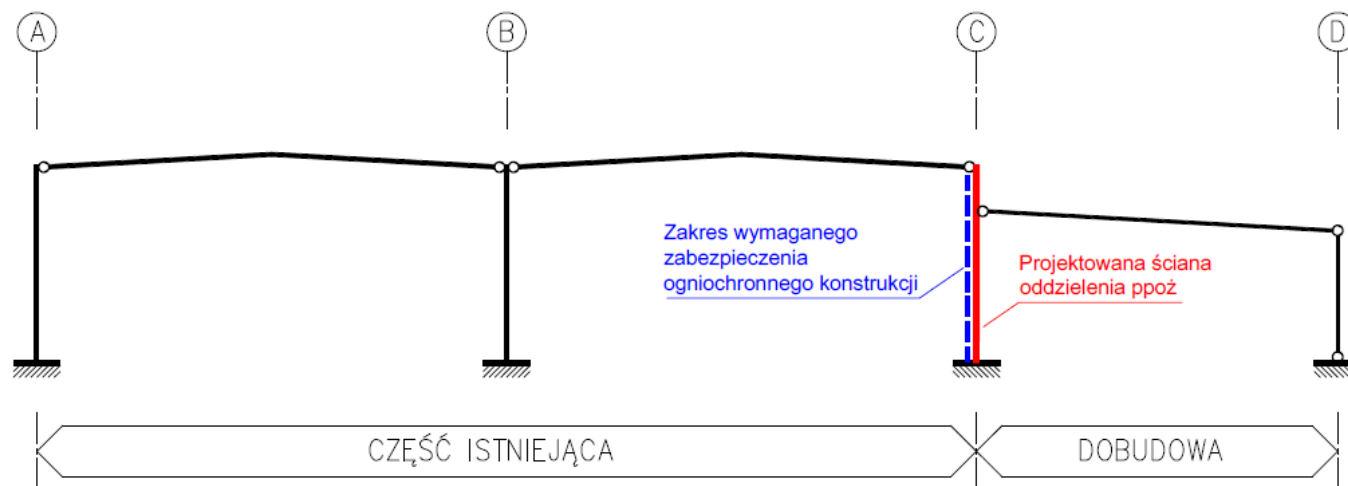
Pełna odpowiedzialność za przyjęte rozwiązanie dotyczące konstrukcji budynku (w tym także jej nośności ogniowej) spoczywa na projektancie konstrukcji!



Przykład interakcji ściana oddzielanie ppoż / rama hali



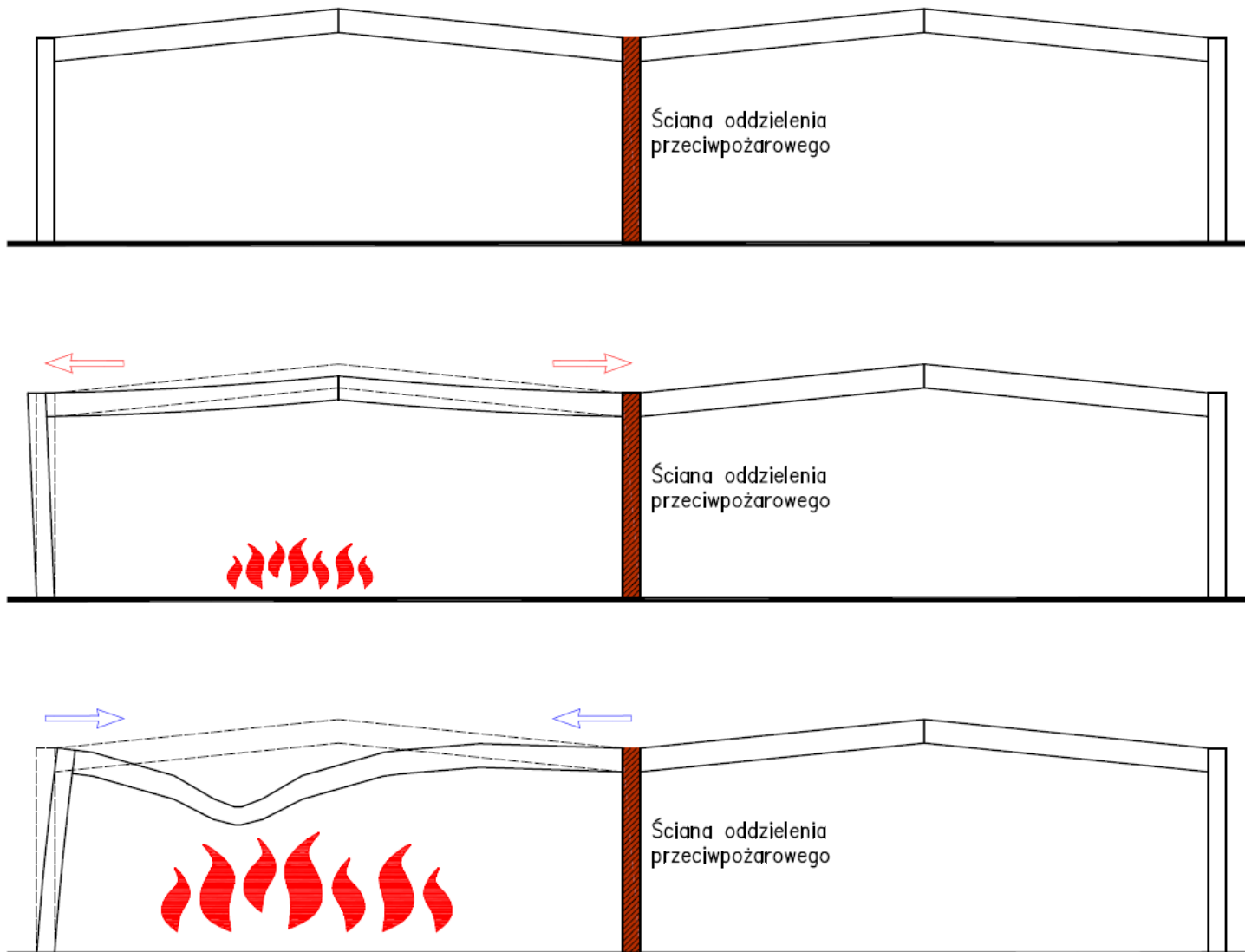
(a) Słupy hali istniejącej połączone przegubowo z fundamentem



(b) Słupy hali istniejącej utwierdzone w fundamencie



Oddziaływanie konstrukcji na powiązaną ścianę OPP

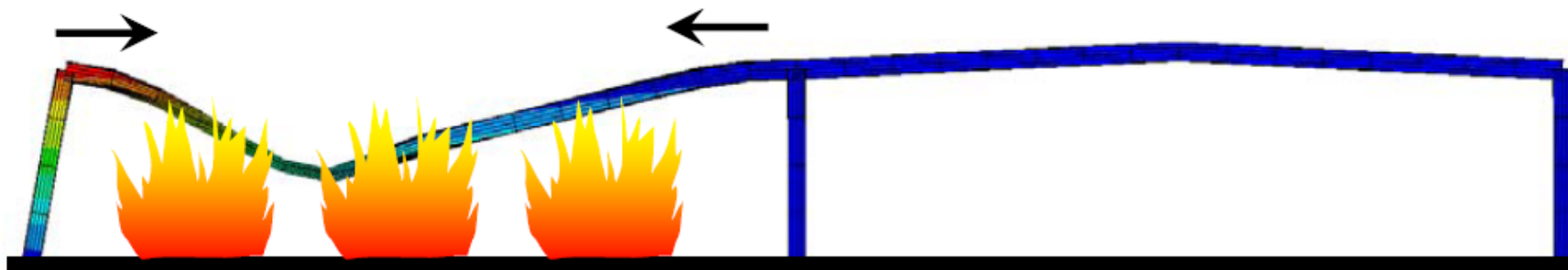


Oddziaływanie konstrukcji na powiązaną ścianę ppoż

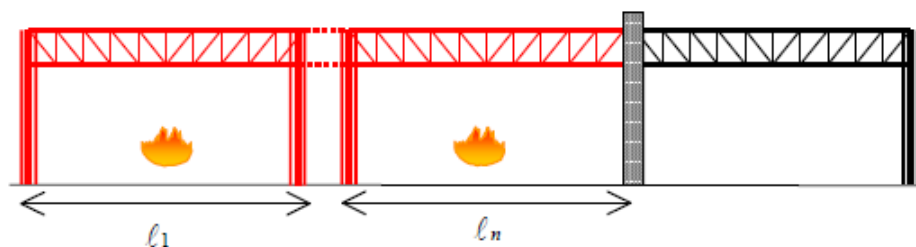
W przypadku rozwiązań projektowych, w których istnieje powiązanie pomiędzy ścianą oddzielenia przeciwpożarowego a elementami konstrukcji o niższej odporności ogniowej głównym problemem jest wyznaczenie sił, jakie mogą oddziaływać na element oddzielenia przeciwpożarowego w przypadku zawalenia się części (lub całości) tej konstrukcji.

Zalecenia w tym zakresie można znaleźć w następujących publikacjach:

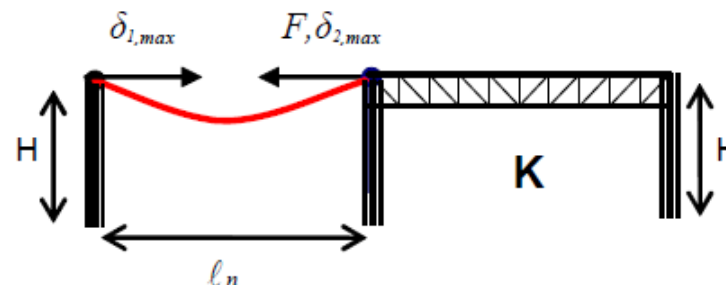
- W. Simms G. Newman, Single Storey Steel Framed Buildings in Fire Boundary Conditions, SCI Publication P313, 2002 Edition
- RFS2-CR-2007-00032 Fire safety of Industrial Halls – Design Guide, Research Fund for Coal and Steel



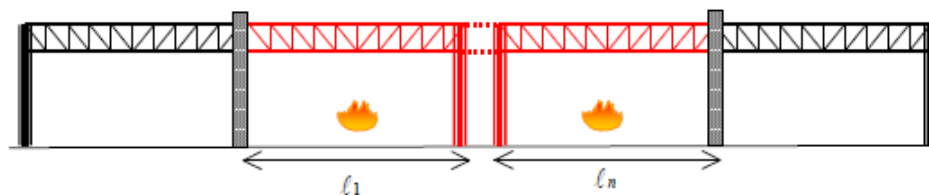
Oddziaływanie konstrukcji na powiązaną ścianę ppoż



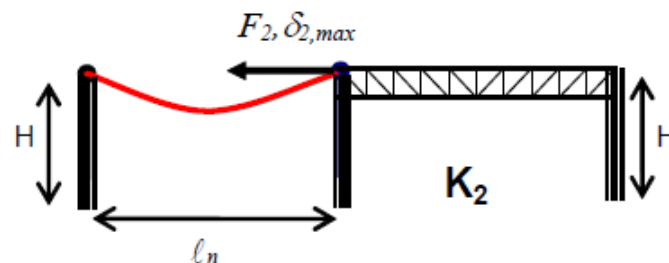
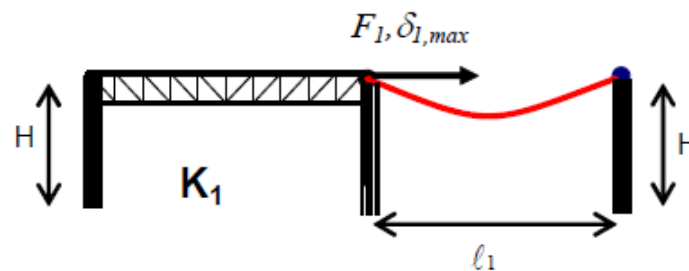
Case of n heated spans



a) Fire compartment at the end of the storage building



Case of n heated spans



b) Fire compartment at the middle of the storage building



Siły poziome od zawalonej części hali

W uogólnionej formie wzór na siłę poziomą oddziałującą od zawalonej części ramy ma postać:

$$H = C * w_f * L$$

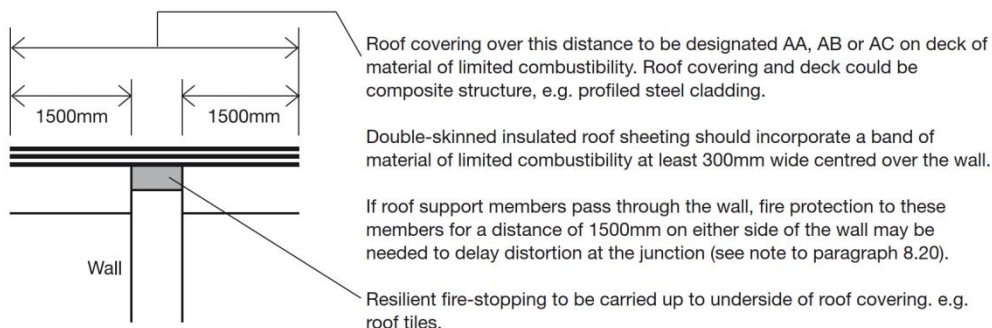
Gdzie:

- C jest bezwymiarowym współczynnikiem zależnym od lokalizacji i ilości naw objętych pożarem, rodzaju rygla oraz jego nachylenia
- w_f jest obciążeniem stałym i użytkowym oddziałującym na dach przy założeniu wyjątkowej sytuacji obliczeniowej jaką jest pożar [kN/m]
- L jest rozpiętością ramy [m]

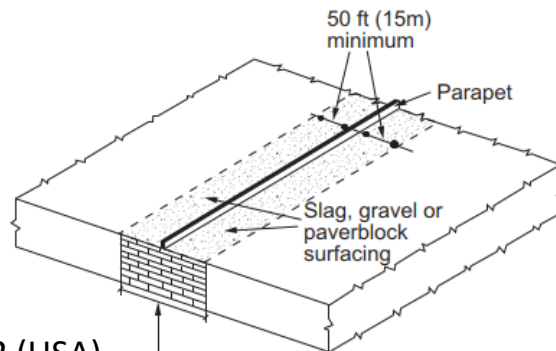


Detale połączeń ścian OPP z innymi ścianami / dachem

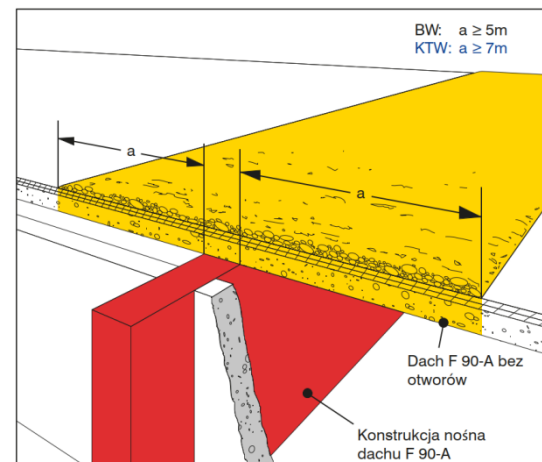
Wymagania WT w odniesieniu do połączenia ścian OPP z dachami są mało restrykcyjne! W odniesieniu do dachów NRO właściwie nie ma wymagań poza wymogiem zachowania minimalnej odległości 5 m od ściany OPP do otworów w dachu takich jak świetliki / klapy dymowe (lub wyniesienia ściany 0,3 m).



Approved Document B
(Anglia i Walia)



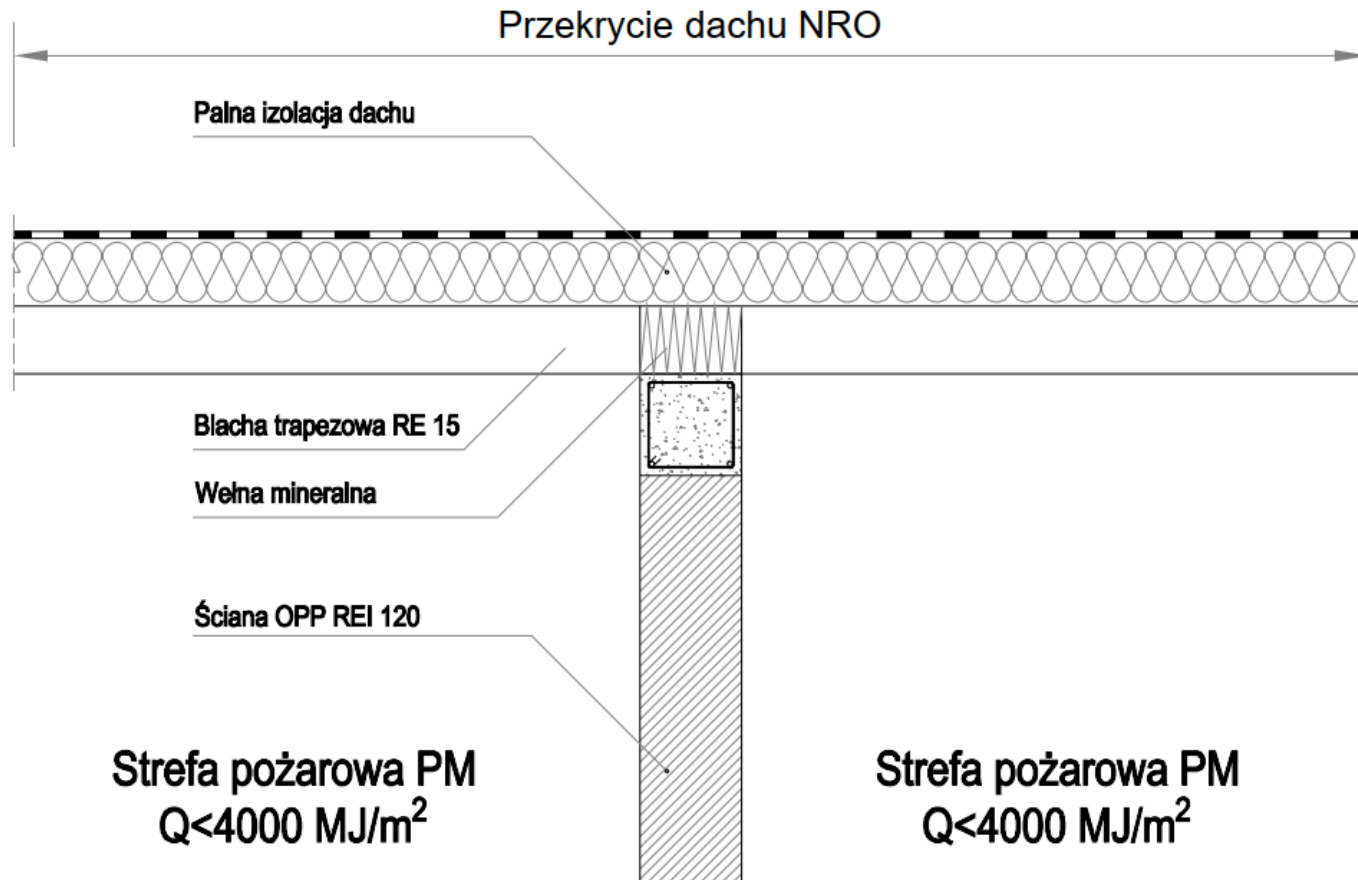
FM Datasheet 1-42 (USA)



VdS 2234 (Niemcy)



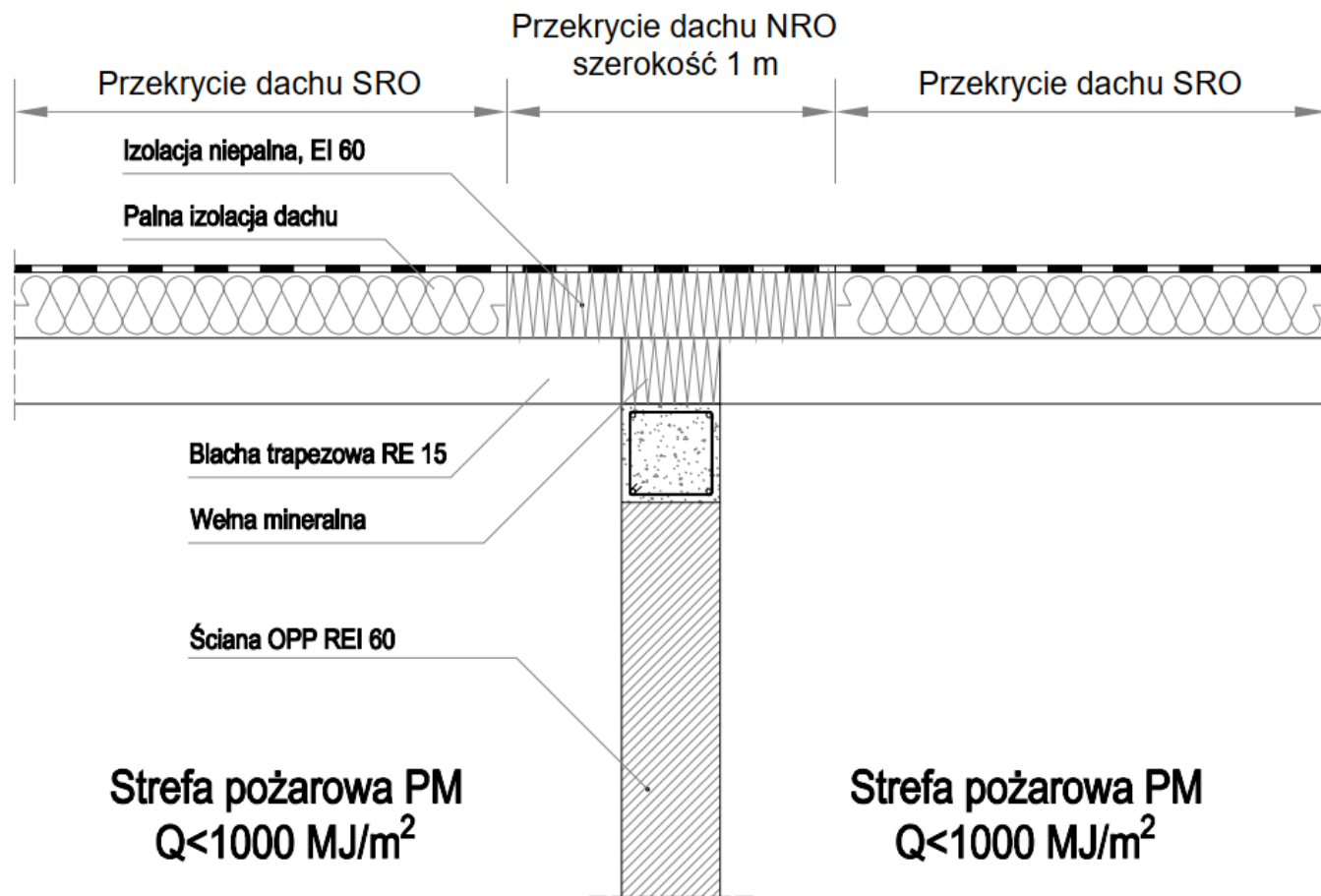
Połączenie ścian OPP z dachem – wymagania WT



Przypadek: strefy pożarowe o dużym obciążeniu ogniowym, powierzchnia dachu $> 1000 \text{ m}^2$



Połączenie ścian OPP z dachem – wymagania WT



Przypadek: strefy pożarowe o niewielkim obciążeniu ogniowym, powierzchnia dachu $> 1000 \text{ m}^2$



Weryfikacja / projektowanie odporności ścian żelbetowych

- Podstawowym dokumentem umożliwiającym projektowanie ścian betonowych i żelbetowych jest norma (Eurokod) PN-EN 1992-1-2
- W zdecydowanej wielkości przypadków wystarczające są metody tabelaryczne
- Istotne parametry ściany to jej grubość oraz odległość osiowa zbrojenia
Pewien wpływ ma także rodzaj betonu (kruszywa)
Dla ścian nośnych istotny jest również poziom wyężenia ściany
- Dodatkowe wymagania w celu uzyskania odporności na uderzenie

Ściany działowe:

Standardowa odporność ogniowa	Minimalna grubość ściany (mm)
1	2
EI 30	60
EI 60	80
EI 90	100
EI 120	120
EI 180	150
EI 240	175

Uwaga: Dla ścian nienośnych i nośnych obowiązuje ograniczenie $H/d < 40$!

Ściany nośne monolityczne:

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary (mm) Grubość ściany/odległość osiowa dla			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	ściana nagrzewana z jednej strony	ściana nagrzewana z dwóch stron	ściana nagrzewana z jednej strony	ściana nagrzewana z dwóch stron
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

* Zwykle decydująca jest otulina wymagana przez EN 1992-1-1.

Uwaga: Definicję μ_{fi} podano w 5.3.2 (3).



Weryfikacja / projektowanie odporności ścian murowanych

- Podstawowym dokumentem umożliwiającym projektowanie ścian murowanych jest norma (Eurokod) PN-EN 1996-1-2:2010
- W zdecydowanej wielkości przypadków wystarczające są metody tabelaryczne
- Istotne parametry ściany to rodzaj elementów z jakich ona wykonana (grupa) oraz jej grubość. Dla ścian nośnych istotny jest również poziom wyężenia ściany
- W przypadku ścian oddzielen przeciwpożarowych (tj. ścian oddzielających odrębne strefy pożarowe) norma PN-EN 1996-1-2 wymaga również odporności na uderzenia mechaniczne (M)!
- Wartości tabelaryczne podane w załączniku B dla ścian nienośnych odnoszą się do ścian o stosunku wysokości do grubości $H/d < 40$.
- Wartości tabelaryczne podane w PN-EN 1996-1-2 są w niektórych przypadkach nieco wyższe niż wartości podane w wytycznych ITB 409-2005!



PN-EN 1996-1-2:2005 – metoda tabelaryczna

Elementy murowe dzieli się na grupy, w zależności od ilości otworów, jakie zawierają one w swojej objętości:

- Elementy murowe grupy 1S – elementy zawierające w swojej objętości <5% uformowanych otworów
- Elementy murowe grupy 1 – elementy zawierające w swojej objętości <25% uformowanych otworów
- Elementy murowe grupy 2 – elementy zawierające w swojej objętości 25-55% uformowanych otworów
- Elementy murowe grupy 3 – elementy zawierające w swojej objętości 55-70% uformowanych otworów
- Elementy murowe grupy 4 – elementy zawierające w swojej objętości 25-70% otworów (drażenia poziome)

Tablica N.B.1.1 Mury z ceramicznych elementów murowych. Minimalna grubość nienośnych ścian oddzielających (Kryterium EI) z uwagi na wymagania odporności ogniowej

Numer wiersza	Właściwości materiału: gęstość objętościowa w stanie suchym ρ [kg/m ³]	Minimalna grubość ściany (mm) t_f dla uzyskania klasyfikacji ogniowej EI dla czasu (minuty) $t_{fi,d}$						
		30	45	60	90	120	180	240
1.	Grupa 1S, 1, 2, 3 i 4							
1.1	zaprawa: zwykła, do cienkich spoin, lekka $500 \leq \rho \leq 2\ 400$							
1.1.1		60/100	90/100	90/100	100/140	100/170	160/190	190/210
1.1.2		(50/70)	(50/70)	(60/70)	(70/100)	(90/140)	(110/140)	(170)



PN-EN 1996-1-2:2005 – metoda tabelaryczna

Tablica N.B.1.2 Mury z ceramicznych elementów murowych. Minimalna grubość nośnych jednowarstwowych ścian oddzielających (Kryteria REI) z uwagi na wymagania odporności ogniowej

numer wiersza	Właściwości materiału: wytrzymałość elementu f_b [N/mm ²] gęstość objętościowa ρ [kg/m ³] łączna grubość ct % grubości ściany	Minimalna grubość ściany (mm) t_F dla uzyskania klasyfikacji ogniowej REI dla czasu (minuty) $t_{fi,d}$						
		30	45	60	90	120	180	240
1S	Elementy murowe Grupy 1S							
1S.1	$5 \leq f_b \leq 75$ zaprawa zwykła $5 \leq f_b \leq 50$ zaprawa do cienkich spoin $1\,000 \leq \rho \leq 2\,400$							
1.S.1.1	$\alpha \leq 1,0$	90	90	90	100	100/140	170/190	170/190
1.S.1.2		(70/90)	(70/90)	(70/90)	(70/90)	(90/140)	(110/140)	(170/190)
1.S.1.1	$\alpha \leq 0,6$	90	90	90	100	100/140	170	170
1.S.1.2		(70/90)	(70/90)	(70/90)	(70/90)	(100/140)	(110/140)	(140/170)
1	Elementy murowe Grupy 1 zaprawa: zwykła, do cienkich spoin							
1.2	$5 \leq f_b \leq 75$ $800 < \rho \leq 2\,400$							
1.2.1	$\alpha \leq 1,0$	90/100	90/100	90/100	100/170	140/170	170/190	190/210
1.2.2		(70/90)	(70/90)	(70/90)	(70/90)	(100/140)	(110/170)	(170/190)
1.2.3	$\alpha \leq 0,6$	90/100	90/100	90/100	100/140	140/170	140/170	190/200
1.2.4		(70/90)	(70/90)	(70/90)	(70/90)	(100/140)	(110/170)	(170/190)



Odporność mechaniczna ścian OPP – parametr M

- Rozporządzenie MI w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie nie zawiera wymagań jeżeli chodzi o zapewnienie dla ścian OPP odporności mechanicznej na uderzenie (opisywanej parametrem M w klasyfikacji ściany).
- Zarówno nieaktualna już instrukcja ITB 409-2005 jak i obowiązujące normy PN-EN 1992-1-2:2008 oraz PN-EN 1996-1-2:2010 zawierają odniesienia do parametru M jednak nie są one równoznaczne!

1.5.1.2

Ściana oddzielenia przeciwpożarowego

Ściana oddzielająca dwie przestrzenie (na ogół dwie strefy pożarowe lub dwa budynki), zaprojektowana z uwagi na odporność ogniową i nośność konstrukcji, cechująca się odpornością na uderzenie mechaniczne (kryterium M), w taki sposób, że w przypadku pożaru i zniszczenia konstrukcji po jednej stronie ściany unika się rozprzestrzenienia ognia poza tę ścianę (ściana oddzielenia przeciwpożarowego jest oznaczana jako REI-M lub EI-M).

UWAGA: W niektórych krajach ściana oddzielenia przeciwpożarowego została zdefiniowana jako ściana oddzielająca strefy pożarowe bez spełnienia wymagań odporności na uderzenie mechaniczne; powyższa definicja nie powinna być mylona z tą bardziej ograniczoną definicją. Może zdarzyć się, że ściany oddzielenia ogniowego będą musiały spełniać dodatkowe wymagania nie podane w niniejszej Części 1-2. Takie dodatkowe wymagania są podawane w przepisach krajowych.

PN-EN 1996-1-2:2010 (murowane)

1.5.2

ściana oddzielenia przeciwpożarowego

ściana oddzielająca dwie przestrzenie (na ogół dwa budynki), zaprojektowana z uwagi na odporność ogniową i nośność konstrukcji, mogąca cechować się nośnością na oddziaływanie obciążenia poziomego, w taki sposób, że w przypadku pożaru i zniszczenia konstrukcji po jednej stronie ściany unika się rozprzestrzenienia ognia poza tę ścianę

PN-EN 1992-1-2:2008 (betonowe)



Odporność mechaniczna ścian OPP – parametr M

- Wymaganie zapewnienia takiej odporności pojawia się w:
 - PN-B-02857:2017-04 w odniesieniu do ściany oddzielającej stanowisko czerpania wody od chronionego budynku
(w sytuacji nie zachowania wymaganej odległości 8 / 16 m)
 - W rozporządzeniu MSWiA z 19 lutego 2020 r. w odniesieniu do ścian oddzielających strefy pożarowe z odpadami stałymi które znajdują się poza budynkami (dla stref pożarowych o $Q < 4000 \text{ MJ/m}^2$ ściana REI 120-M jest wskazana jako alternatywa dla ściany REI 240)



Odporność mechaniczna ścian OPP – parametr M

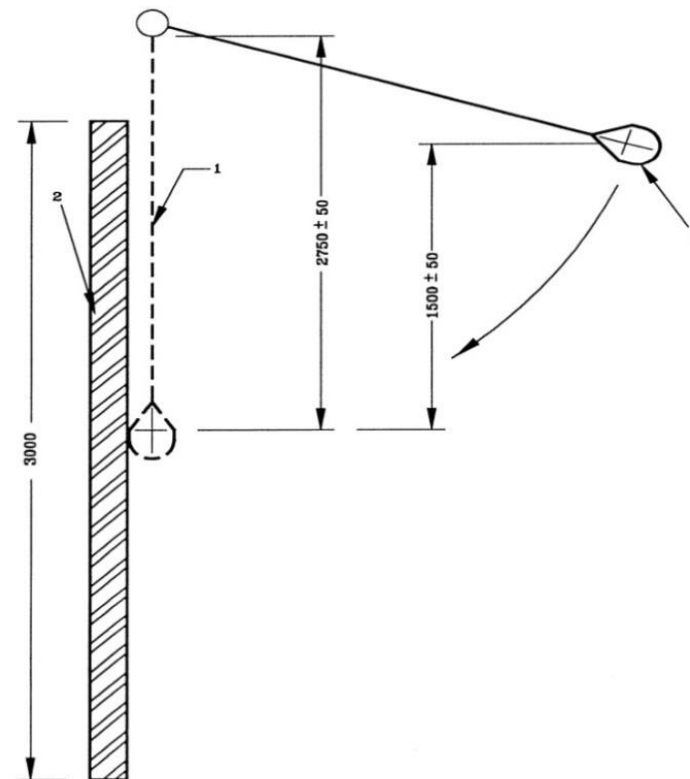
Klasyfikacja zgodnie PN-EN 13501-2:2016-07.

Parametr badany zgodnie z metodologią opisaną w normie PN-EN 1363-2:2001.

Trzy uderzenia w ścianę workiem wypełnionym śrutem o masie 200 kg **po upływie czasu badania dla przewidzianego dla danej klasy ściany.**



Autor: Piotr Turkowski, ITB



[Film z badania](#)



Odporność mechaniczna ścian OPP – parametr M

Minimalne grubości ścian murowanych (w mm) wymagane dla osiągnięcia parametru M. Porównanie dla nieotynkowanych ścian z elementów grupy 1, poziom wytrzymaenia $\alpha < 1,0$ (dla ścian nośnych).

Odporność	60	120	240
EI	100	170	210
REI	100	170	210
EI-M / REI-M	240	365	-

Uwaga:

Dla ścian z elementów grup 2-4 wymagane są generalnie większe grubości ścian dla osiągnięcia danej klasy odporności.

Dla ścian z elementów ceramicznych z drążeniami oraz z elementów z betonu lekkiego tabele nie obejmują wartości dla ścian REI 120-M i REI 240-M.



Rozwiązania zamienne / metody inżynierskie dotyczące ścian OPP

- Obowiązujące przepisy techniczno-budowlane nie pozwalają na obniżenie klasy odporności ogniowej ścian OPP ze względu na zastosowanie SSUGW. Jednak stałe samoczynne urządzenia gaśnicze wodne (głównie tryskacze) mają realny wpływ na ograniczenie oddziaływania termicznego na ścianę. Warunkiem jest zastosowanie rozwiązań organizacyjnych i technicznych zapewniających wysoką niezawodność tych urządzeń
- SSP / oddymianie (?) – realny wpływ jest niewielki
- Eliminacja materiałów palnych z obszaru przyległego do ściany OPP (pas o szerokości minimum 8-10 m) / całościowe ograniczenie gęstości obciążenia ogniowego
- W przypadku „niesymetrycznego” rozkładu obciążenia ogniowego pod dwóch stronach ściany OPP racjonalne może być jednostronne otynkowanie jej lub obłożenie np. płytami GK



Rozwiązania zamienne / metody inżynierskie dotyczące ścian OPP

- Wpływ omówionych wcześniej rozwiązań można do pewnego stopnia określić ilościowo bazując na metodologii równoważnego czasu oddziaływania pożaru podanej w PN-EN 1991-1-2
- Obliczeniowa wartość gęstości obciążenia ogniowego wyznaczona zgodnie z załącznikiem E w/w normy zależy nie tylko od rzeczywistej (charakterystycznej) gęstości obciążenia ogniowego ale również od zastosowanych czynnych środków ochrony przeciwpożarowej
- W konsekwencji tzw. równoważny czas oddziaływania pożaru obliczony zgodnie z załącznikiem F będzie krótszy w przypadku zastosowania np. instalacji tryskaczowej, systemu oddymiania a nawet samoczynnej detekcji pożaru



Analiza równoważnego czasu oddziaływania pożaru (EN 1991-1-2)

Przypadek: Sytuacja reprezentatywna - przyjęto Q jak dla obszaru hali produkcyjnej (pominięto wpływ SSP oraz oddymiania)

1. Geometria pomieszczenia i warunki wentylacji

Sposób użytkowania: produkcja elementów metalowych

Wysokość pomieszczenia	H=	12,00	m
Średnia wysokość okien	h_{eq} =	4,00	m
Obwód pomieszczenia	P=	440	m
Powierzchnia strefy pożarowej	A_f =	12100	m ² (przybliżona pow. hali)
Powierzchnia otworów pionowych	A_v =	30	m ² (brama)
Powierzchnia otworów poziomych	A_h =	0	m ²
Całkowita pow. elementów ograniczających	A_t =	29480	m ²
Wsp. powierzchni otworów	$\alpha_v = A_v / A_f$	0,002	(zalecany zakres 0.025-0.25 wg F(5))
	$\alpha_h = A_h / A_f$	0,000	

2. Gęstość obciążenia ogniowego (wg. załącznika E)

Gęstość obciążenia ogniowego	$q_{f,k}$ =	71	MJ/m ² (wartość średnia dla hali produkcyjnej)
Współczynnik spalania	m=	0,8	(E.3)
Współczynnik ryzyka pożaru (powierzchnia)	δ_{q1} =	2,13	Pow. strefy > 10000 m ²
Współczynnik ryzyka pożaru (użytkowanie)	δ_{q2} =	1,22	
Współczynnik środków ochrony przeciwpoż.	δ_n =	1,00	(pominięto wpływ SSP)

$$\text{Obliczeniowa gęstość obc. ogniowego } q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 148 \text{ MJ/m}^2 \quad (\text{E.1})$$

3. Równoważny czas oddziaływania pożaru (wg. załącznika F)

Współczynnik konwersji	k_b =	0,07	(F.2)
Współczynnik korekcyjny	k_c =	1,00	(tab. F1 - żelbet)
	$b_v = 12,5(1+10\alpha_v\alpha_v^2) =$	12,8	≥ 10
Współczynnik wentylacji	$w_f = (6/H)^{0,3} [0,62 + 90(0,4-\alpha_v)/4 + 1/b_v\alpha_h] =$	2,33	$\geq 0,5$ (F.3)
Równoważny czas oddziaływania pożaru	$t_{e,d} = q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f \cdot k_c =$	24	minut (F.1)

Przypadek: Sytuacja najbardziej niekorzystna - przyjęto Q jak dla całej strefy pożarowej PM (uwzględniono wpływ SSP oraz oddymiania)

1. Geometria pomieszczenia i warunki wentylacji

Sposób użytkowania: produkcja elementów metalowych

Wysokość pomieszczenia	H=	12,00	m
Średnia wysokość okien	h_{eq} =	4,00	m
Obwód pomieszczenia	P=	440	m
Powierzchnia strefy pożarowej	A_f =	12100	m ² (przybliżona pow. hali)
Powierzchnia otworów pionowych	A_v =	30	m ² (napowietrzanie - brama)
Powierzchnia otworów poziomych	A_h =	93	m ² (oddymianie - klapy)
Całkowita pow. elementów ograniczających	A_t =	29480	m ²
Wsp. powierzchni otworów	$\alpha_v = A_v / A_f$	0,002	(zalecany zakres 0.025-0.25 wg F(5))
	$\alpha_h = A_h / A_f$	0,008	

2. Gęstość obciążenia ogniowego (wg. załącznika E)

Gęstość obciążenia ogniowego	$q_{f,k}$ =	232	MJ/m ² (wartość średnia dla całej strefy PM)
Współczynnik spalania	m=	0,8	(E.3)
Współczynnik ryzyka pożaru (powierzchnia)	δ_{q1} =	2,13	Pow. strefy > 10000 m ²
Współczynnik ryzyka pożaru (użytkowanie)	δ_{q2} =	1,22	
Współczynnik środków ochrony przeciwpoż.	δ_n =	0,73	(samoczynna detekcja pożaru)

$$\text{Obliczeniowa gęstość obc. ogniowego } q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n = 352 \text{ MJ/m}^2 \quad (\text{E.1})$$

3. Równoważny czas oddziaływania pożaru (wg. załącznika F)

Współczynnik konwersji	k_b =	0,07	(F.2)
Współczynnik korekcyjny	k_c =	1,00	(tab. F1 - żelbet)
	$b_v = 12,5(1+10\alpha_v\alpha_v^2) =$	12,8	≥ 10
Współczynnik wentylacji	$w_f = (6/H)^{0,3} [0,62 + 90(0,4-\alpha_v)/4 + 1/b_v\alpha_h] =$	2,17	$\geq 0,5$ (F.3)
Równoważny czas oddziaływania pożaru	$t_{e,d} = q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f \cdot k_c =$	53	minut (F.1)



Elementy oddzielenia przeciwpożarowego – literatura i wytyczne

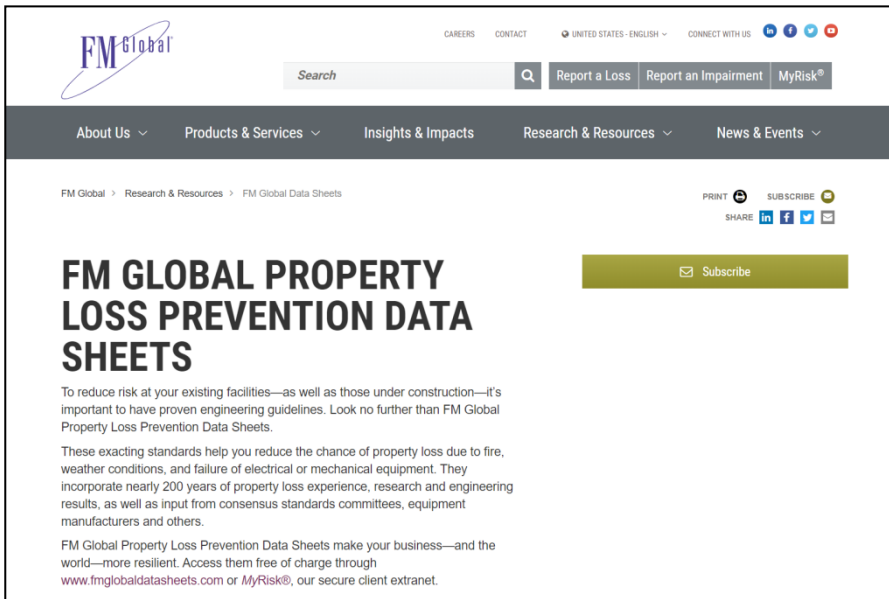
- Adam Biczyski, „Projektowanie elementów oddzielenia przeciwpożarowego - niełatwe zadanie”, Ochrona Przeciwpożarowa” 3/2006 (cz. I) i 1/2007 (cz. II), 1/2012
- FM Datasheet 1-42 Maximum foreseeable loss limiting factors, 2021 (wcześniej Datasheet 1-22 Maximum Foreseeable loss)
- VdS 2234 Brand- und Komplextrennwände. Merkblatt für die Anordnung und Ausführung, VdS 2012 (publikacja uzupełniona w 2018 roku)
- Approved Document B: Fire Safety (Volume 2) – Buildings other than dwellinghouses. Incorporating Insurers’ recommendations for property protection, Fire Protection Association, 2008
- The LPC design guide for the fire protection of Buildings, Loss Prevention Council / FPA, 2000



FM Datasheet 1-42 (2021)

Wytyczne FM Global dotyczące elementów (rozwiązań) mogących ograniczyć tzw. Maksymalną Przewidywalną Stratę (*ang. Maximum Foreseeable Loss*). Koncepcja MFL jest szczegółowo omówiona w wytycznych 1-22.

Wytyczne te można pobrać bezpłatnie ze strony FM Global.



FM Global	
Property Loss Prevention Data Sheets	
1-42	
April 2019	
Page 1 of 126	
MAXIMUM FORESEEABLE LOSS LIMITING FACTORS	
Table of Contents	
	Page
1.0 SCOPE	6
1.1 Changing	6
2.0 LOSS PREVENTION RECOMMENDATIONS	6
2.1 Introduction or Construction	6
2.2 MFL Fire Walls	6
2.2.1 Fire Resistance of Wall Construction	6
2.2.2 Stability and Strength	7
2.2.3 Control of Cracking	11
2.2.4 Parapets, Roof Protection, and Elevation Differences	13
2.2.5 End Walls and Angle Exposure	17
2.2.6 MFL Wall Penetrations	19
2.2.7 Cantilever Walls	21
2.2.8 Tied Walls	23
2.2.9 One-Way Walls	29
2.2.10 Double Walls	29
2.2.11 Panel Walls in Reinforced Concrete Buildings	31
2.3 MFL Space Separation	31
2.3.1 Methodology and Base Separation Distances	31
2.3.2 Exposed Wall Category	35
2.3.3 Classification of Exposing Wall Construction	36
2.3.4 Exposing Fire Hazard Categories	37
2.3.5 Exposing Wall Length (L)	38
2.3.6 Exposure Angle Adjustment	39
2.3.7 Yard Storage, Conveyors, Pipes and Passageways	39
2.3.8 Separation to Exposed Side Walls	42
2.3.9 Vegetation	42
2.3.10 Motor Vehicle Parking	43
2.3.11 Ignitable Liquid and Flammable Gas Loading and Unloading Stations	44
2.3.12 Rail Lines and Sidings	44
2.4 MFL Control of Exterior Vertical Fire Spread	44
2.4.1 Mechanical Floors	44
2.4.2 Setbacks	46
2.4.3 Balconies	46
2.4.4 Podium Floors	48
2.5 Protection of Openings in MFL Limiting Factors	49
2.5.1 General	49
2.5.2 Detection and Actuation Devices	49
2.5.3 Water Spray	49
2.5.4 Occupancy Specific Protection	49
2.5.5 Fire Doors	50
2.5.6 Single Swinging Personnel Fire Doors	52
2.5.7 Fire Doors in Double Walls	53
2.5.8 Fire Doors in FM Global Earthquake Zones	56
2.5.9 Material Handling Systems	56
2.5.10 Air-Handling Systems	62
2.5.11 Operation and Maintenance	63
2.5.12 Use of Other Codes and Standards	63

©2019 Factory Mutual Insurance Company. All rights reserved. No part of this document may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in whole or in part, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission of Factory Mutual Insurance Company.

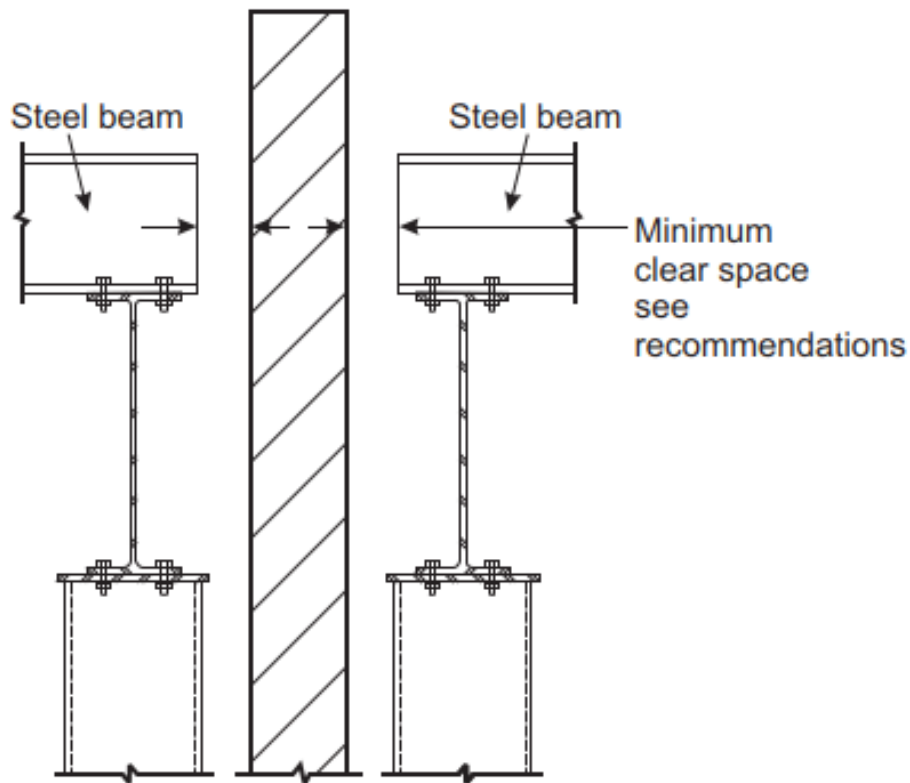


Zalecenia FM Global dotyczące ścian oddzielenia przeciwpożarowego:

- Odporność ogniowa 4 godziny (F240/EI240)
- Ściany te nie mogą być ścianami nośnymi w rozumieniu przenoszenia obciążeń innych niż ciężar własny
- Musi być zapewniona stabilność ściany w wymaganym okresie czasu
- Wykona z trwałych materiałów niepalnych, odpornych na uderzenie (ściana murowana lub betonowa)
- Zachowanie minimalnej / maksymalnej odległości od elementów konstrukcji po obu stronach ściany lub zapewnienie „podparcia” ściany przez konstrukcję po stronie nienagrzewanej



Dylatacja pomiędzy elementami konstrukcji a ścianą OPP



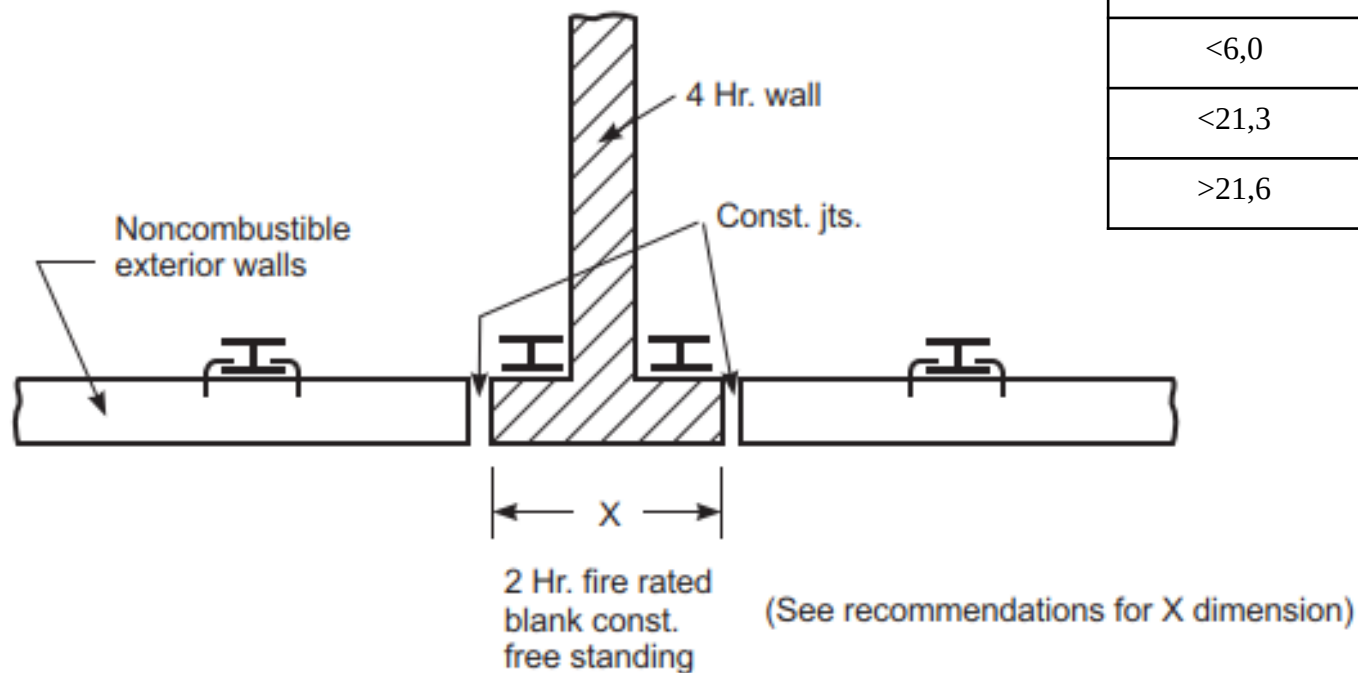
L [m]	a [mm]
6,0	65
7,5	80
9,0	95
10,7	115
12,2	125
13,7	145
15,2	160
16,8	175
18,3	190

Zalecenia wg wytycznych FM Global Datasheet 1-42 (rysunek 2 / tabela 1)

L – rozpiętość ramy a – minimalna szerokość dylatacji



Detal pasa w ścianie zewnętrznej



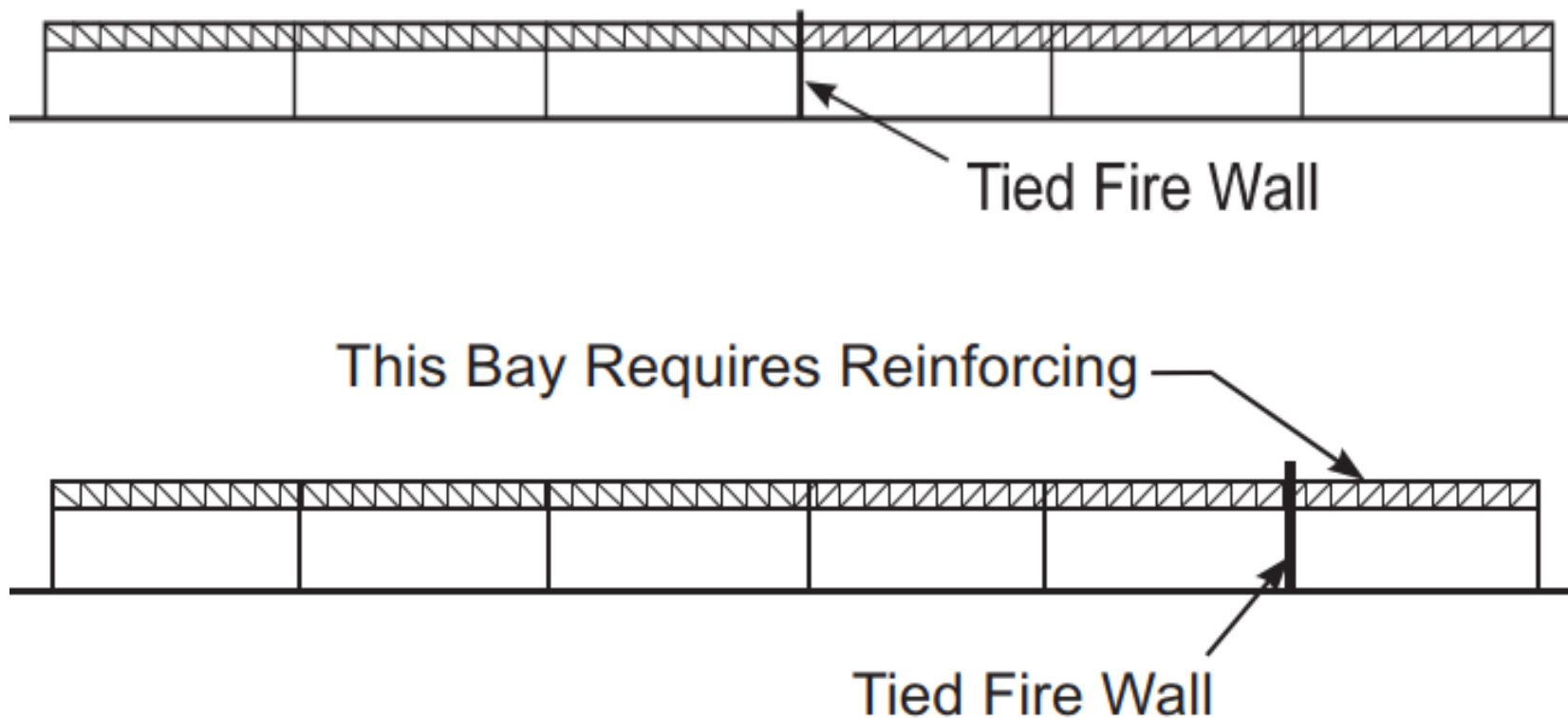
H [m]	X [mm]
<6,0	1,8
<21,3	3,1
>21,6	4,3

Zalecenia wg wytycznych FM Global Datasheet 1-42 (rysunek 16 / tabela 2)

H – maks. wysokość ściany x – minimalna szerokość pasa



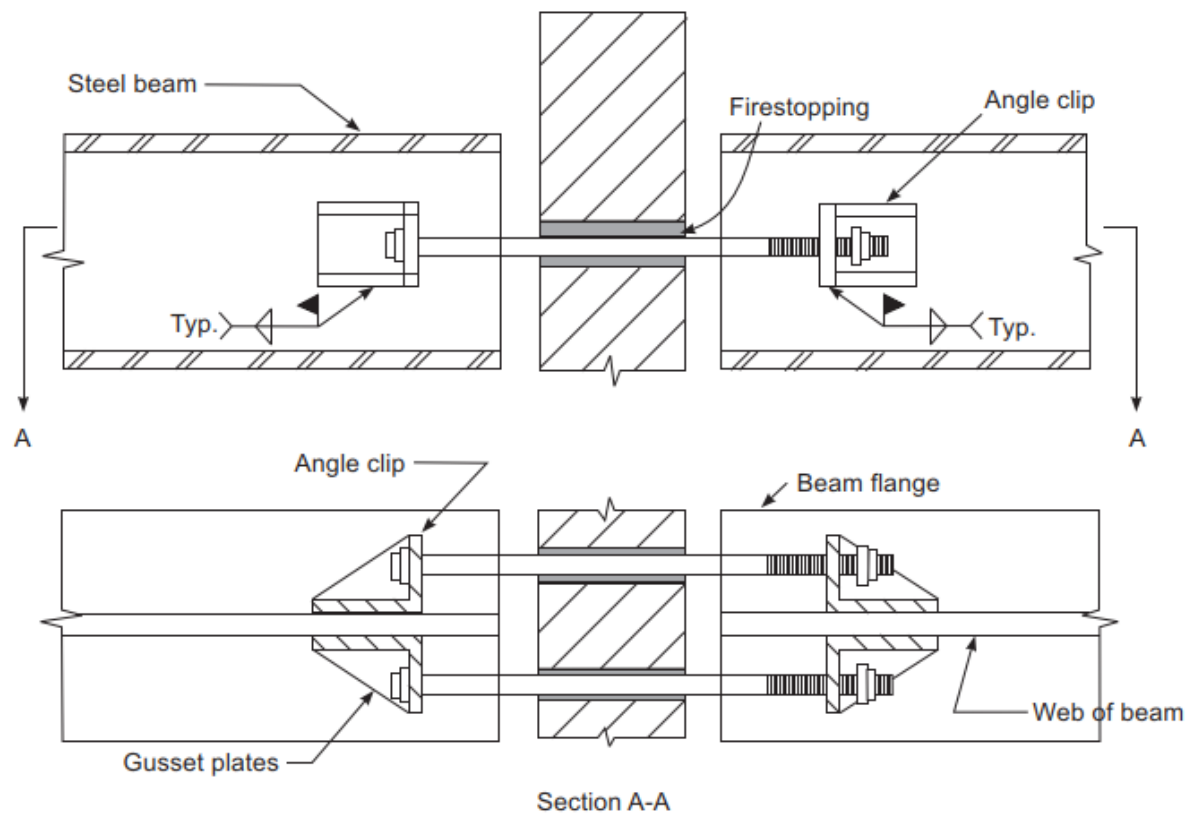
Ściany OPP powiązane z konstrukcją



FM Global Datasheet 1-42 rysunki 25 i 30



Detale dla wariantu powiązania ściany OPP z konstrukcją



FM Global Datasheet 1-42 rysunek 28



Wytyczne VdS 2234:2012 (uzupełnione w 2018 roku)

Podobne zalecenia do tych zawartych w wytycznych FM Global można znaleźć w analogicznej publikacji *VdS 2234 Brand- und Komplextrennwände. Merkblatt für die Anordnung und Ausführung.*

Wytyczne te można pobrać bezpłatnie ze strony internetowej VdS w trzech wersjach językowych (niemieckiej, angielskiej i **polskiej**).

<https://shop.vds.de/publikation/vds-2234pl>



Wytyczne powyższe rozróżniają dwa przypadki ścian oddzielenia przeciwpożarowego: zwykłe ściany OPP oraz „kompleksowe ściany OPP” – dla tych drugich obowiązują wyższe wymagania (zaznaczone niebieską czcionką).

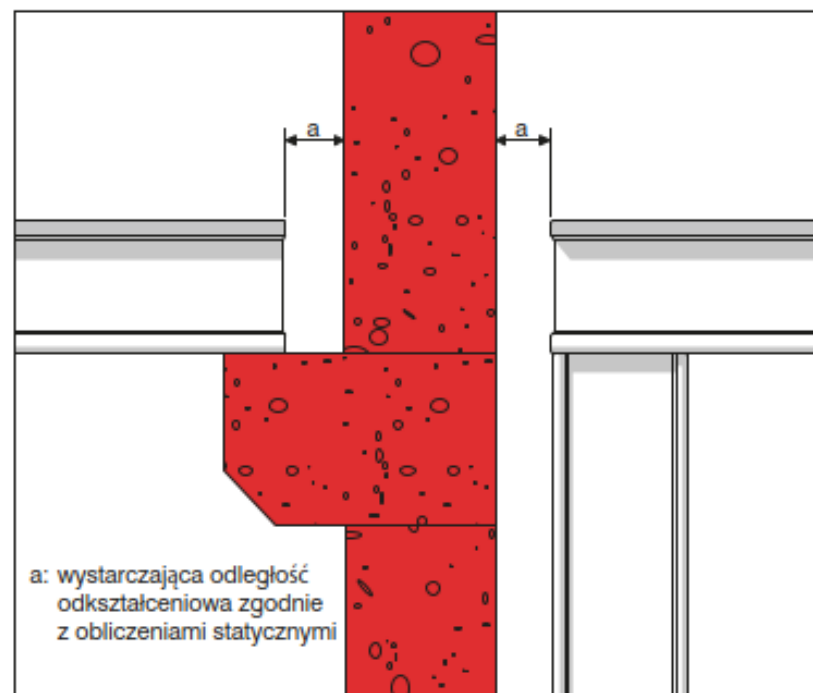
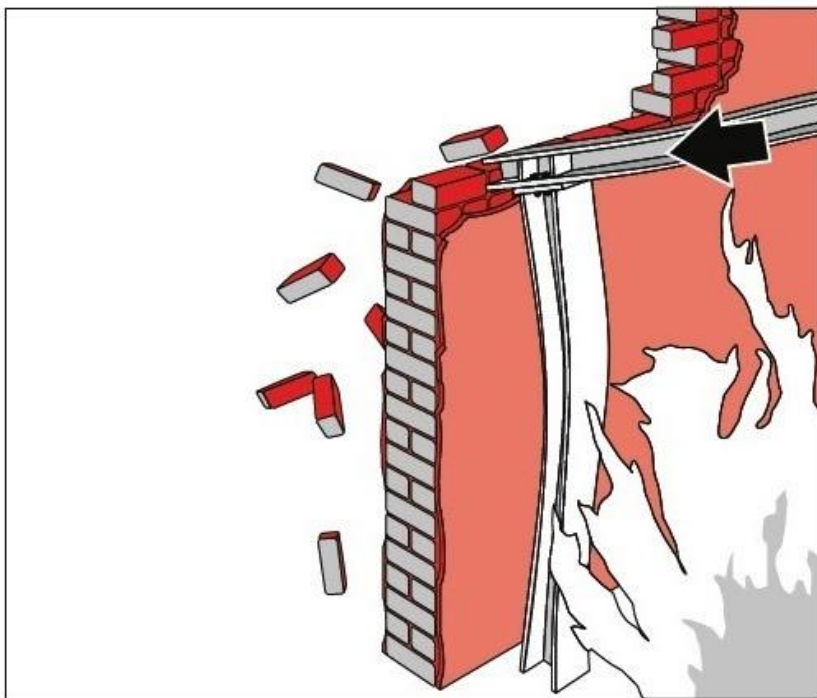
Zwykłe ściany OPP = F 90-A (DIN 4102-2)

Kompleksowe ściany OPP = F 180-A (DIN 4102-2)

W obu przypadkach wymagana jest odporność na uderzenie!



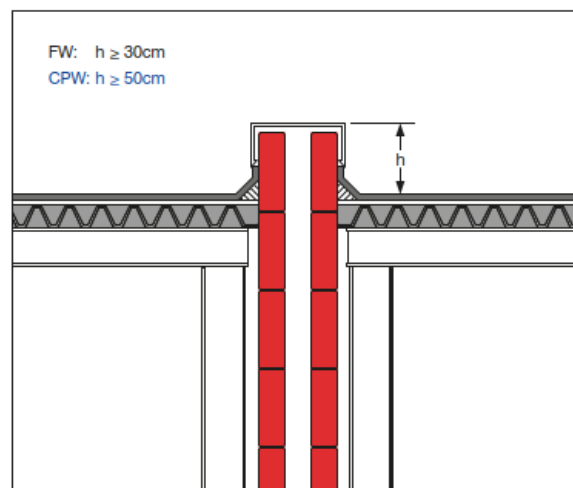
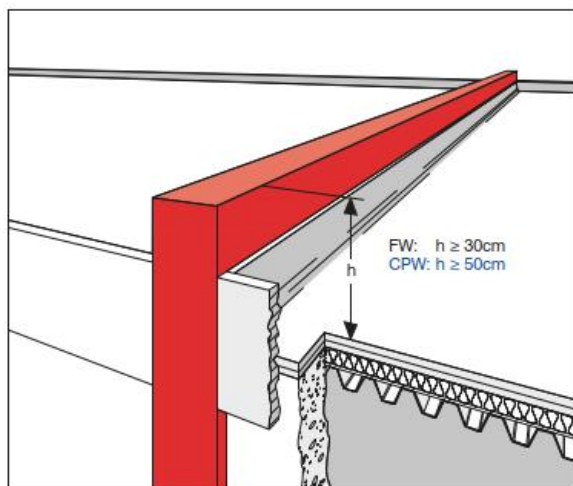
Wytyczne VdS 2234:2012 (uzupełnione w 2018 roku)



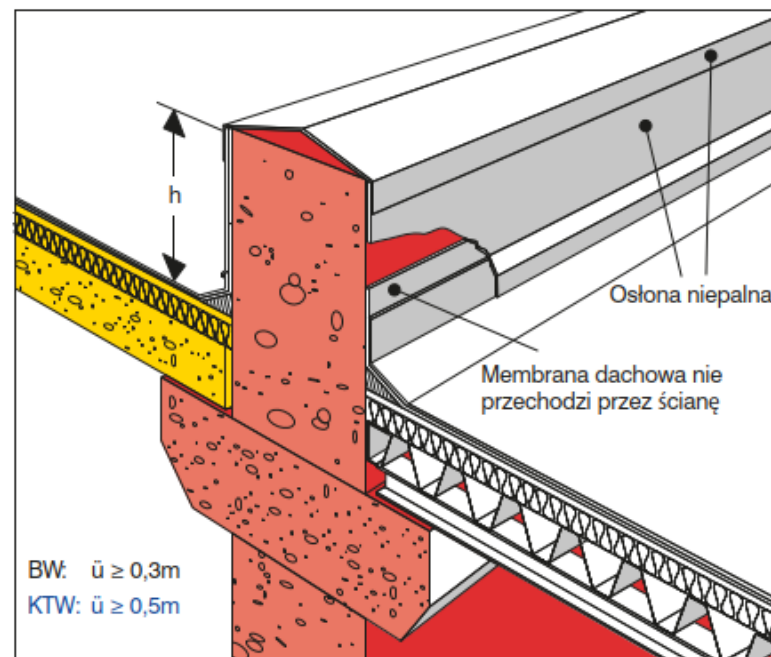
Ściany oddzielenia przeciwpożarowego nie mogą być połączone z elementami budowlanymi lub instalacjami technicznymi w taki sposób, aby stateczność ścian OPP w razie pożaru została zagrożona w wyniku rozszerzenia lub zawalenia tych elementów.



Wytyczne VdS 2234:2012 (uzupełnione w 2018 roku)

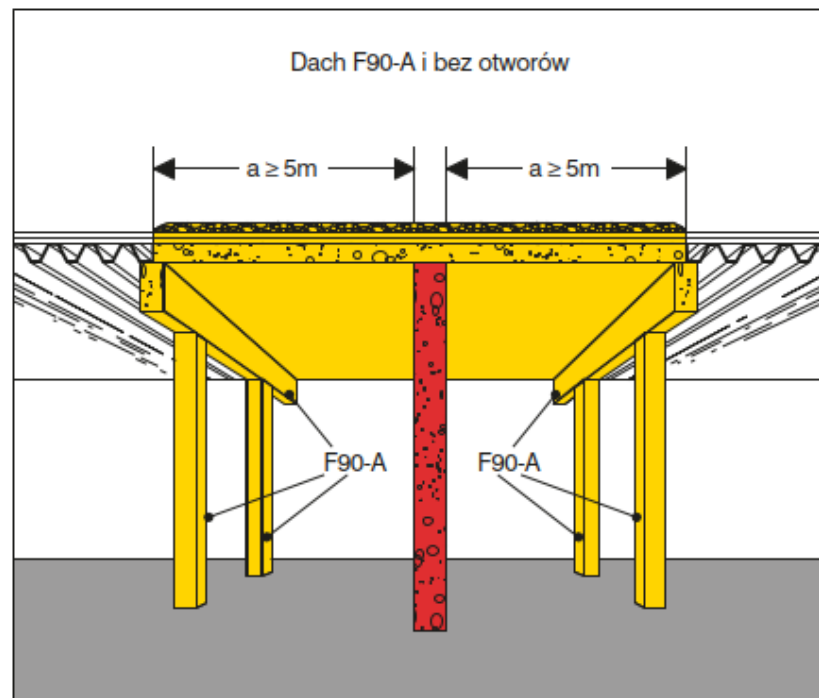
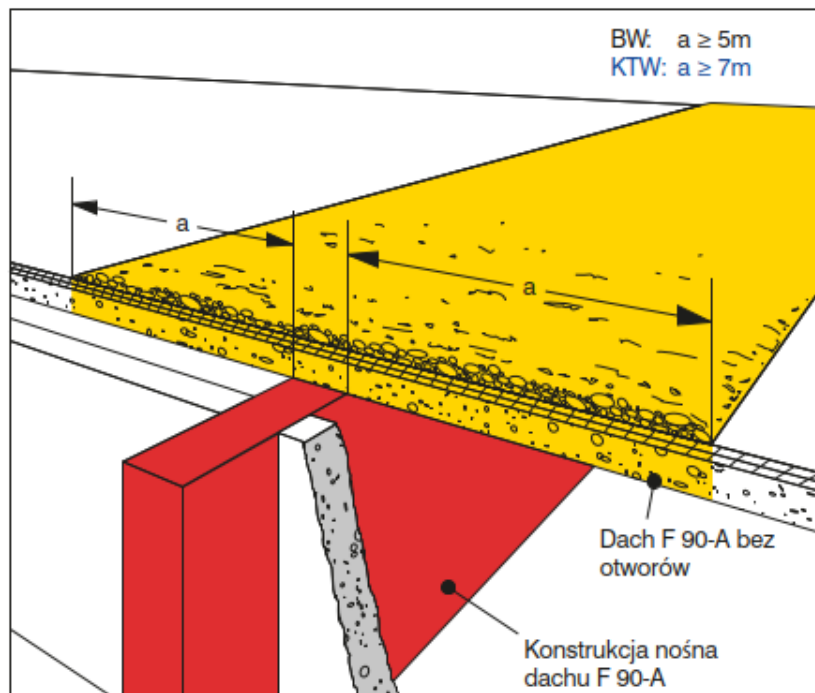


Detale połączenia ścian OPP z dachem o odporności ogniowej mniejszej niż 90 minut. W przypadku kompleksowych ścian OPP minimalna wysokość ogniomuru to 50 cm (zalecana 80 cm!)



Wytyczne VdS 2234:2012 (uzupełnione w 2018 roku)

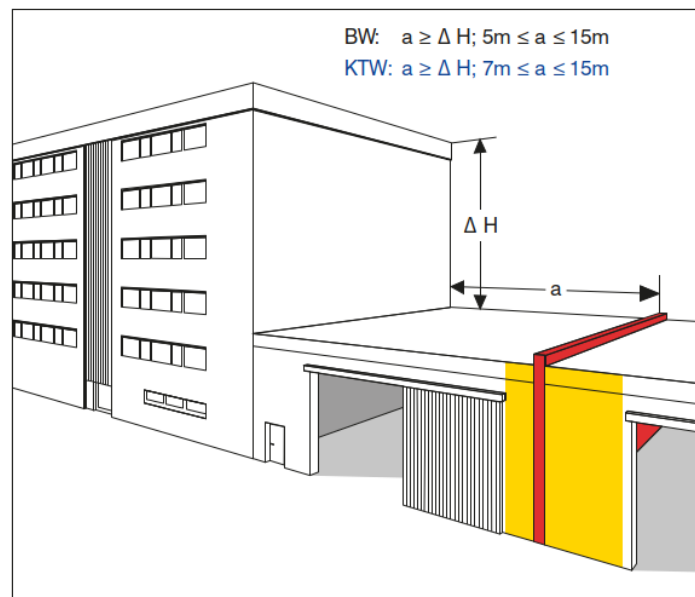
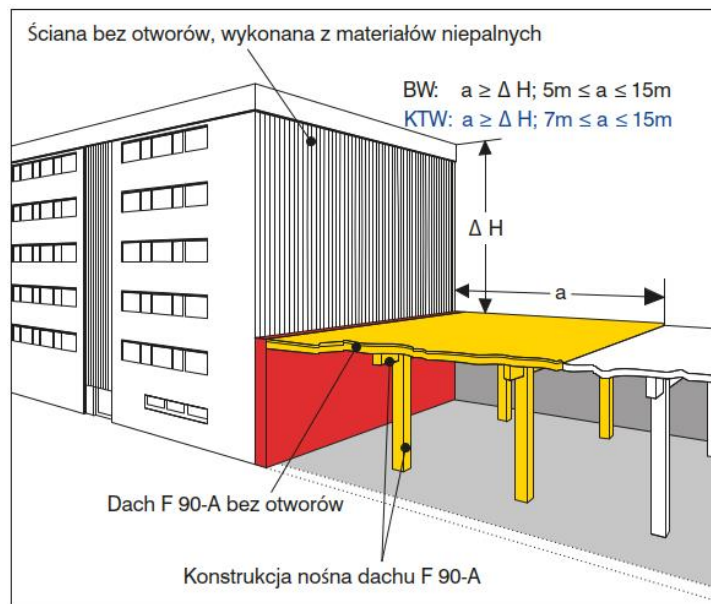
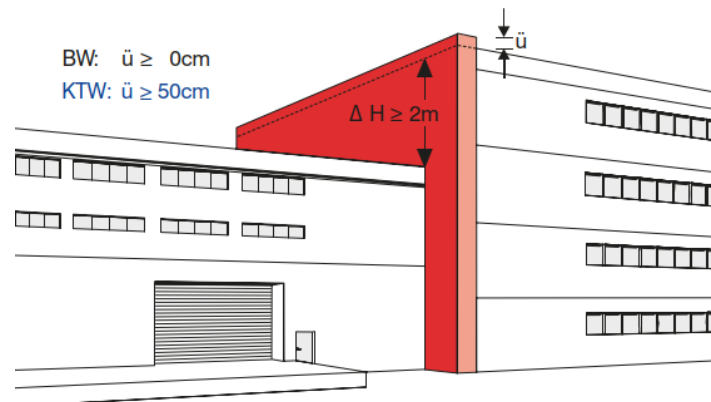
Połączenie ścian OPP z dachem o odporności ogniowej co najmniej 90 minut, wykonanym z materiałów niepalnych.



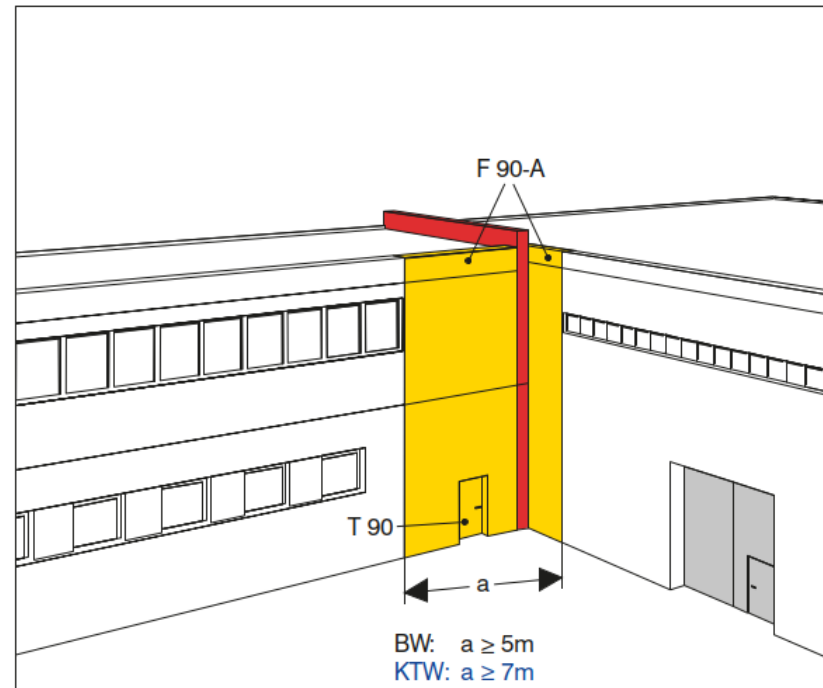
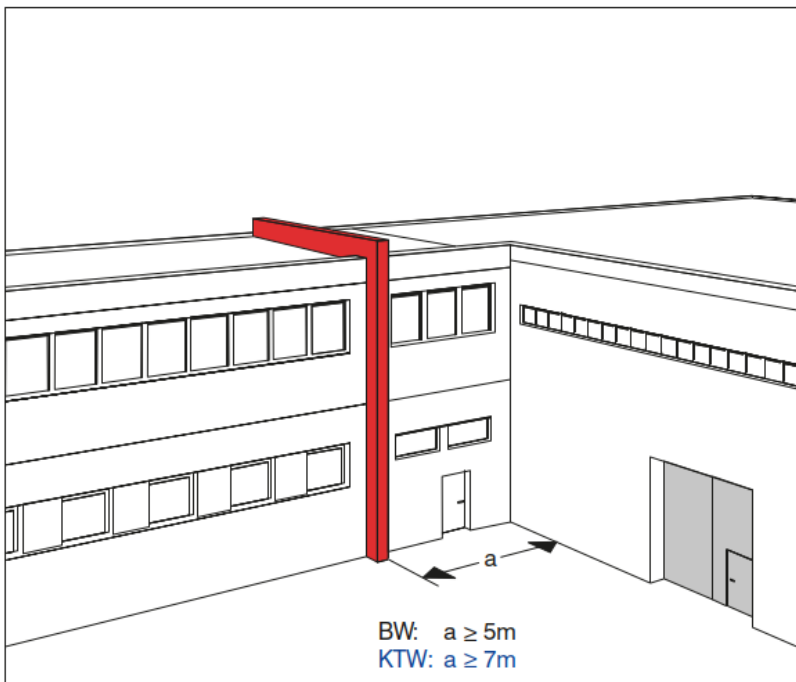
Wytyczne VdS 2234:2012 (uzupełnione w 2018 roku)

Części budynków (strefy pożarowe)
o różnej wysokości.

- a) ściana OPP pełnej wysokości
- b) Ściana do wysokości dachu części
niższej + dodatkowe wymagania



Wytyczne VdS 2234:2012 (uzupełnione w 2018 roku)



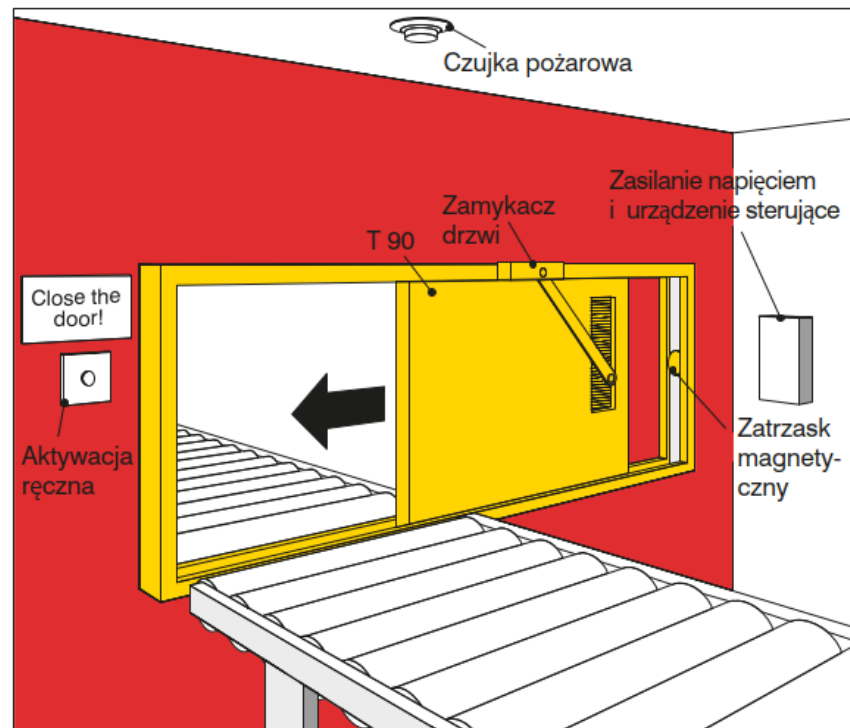
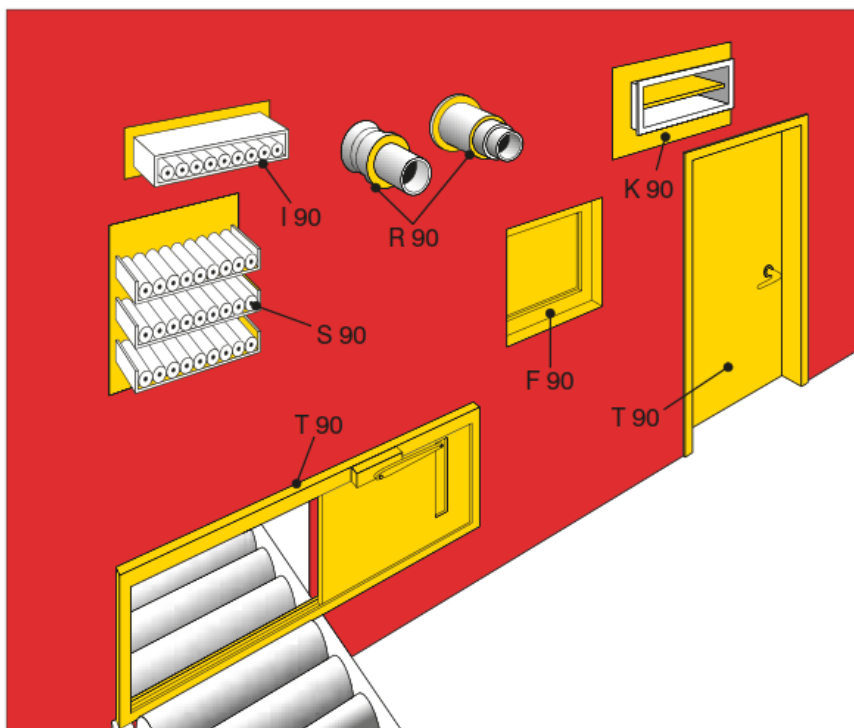
Wymagania dotyczące styku stref pożarowych

Uwaga: Odległość jest mierzona w rzucie poziomym!

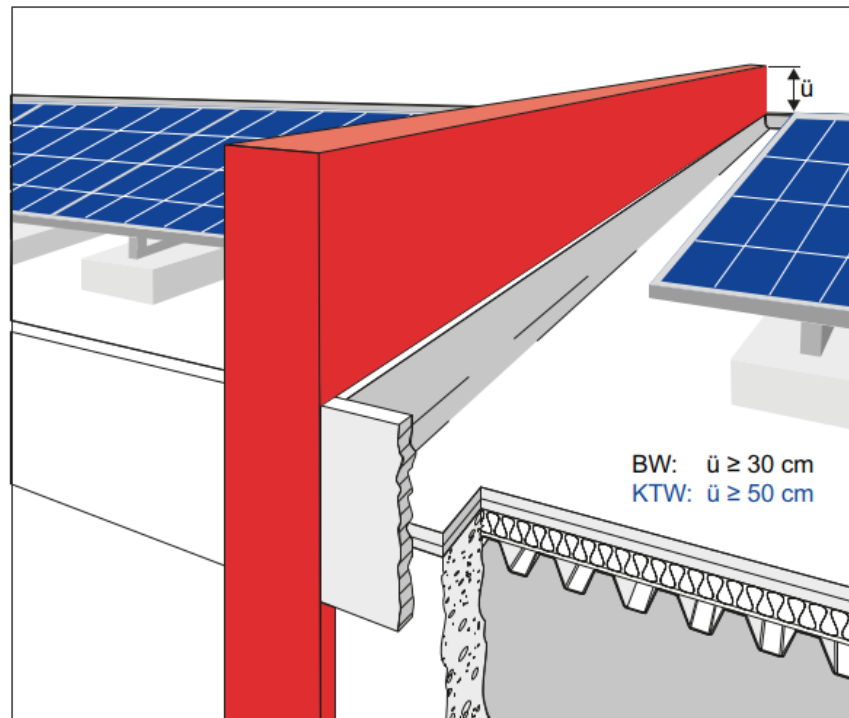
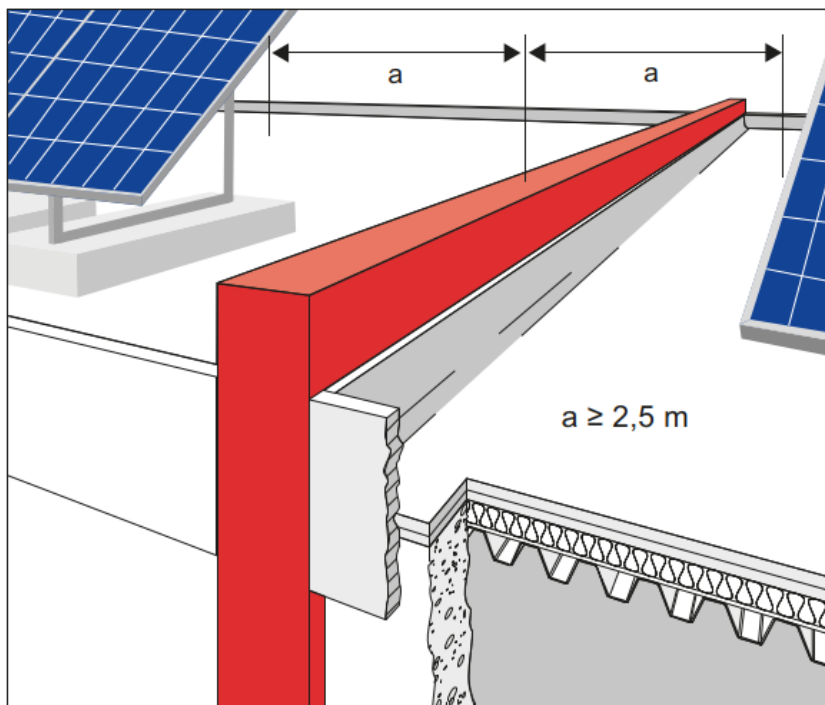


Wytyczne VdS 2234:2012 (uzupełnione w 2018 roku)

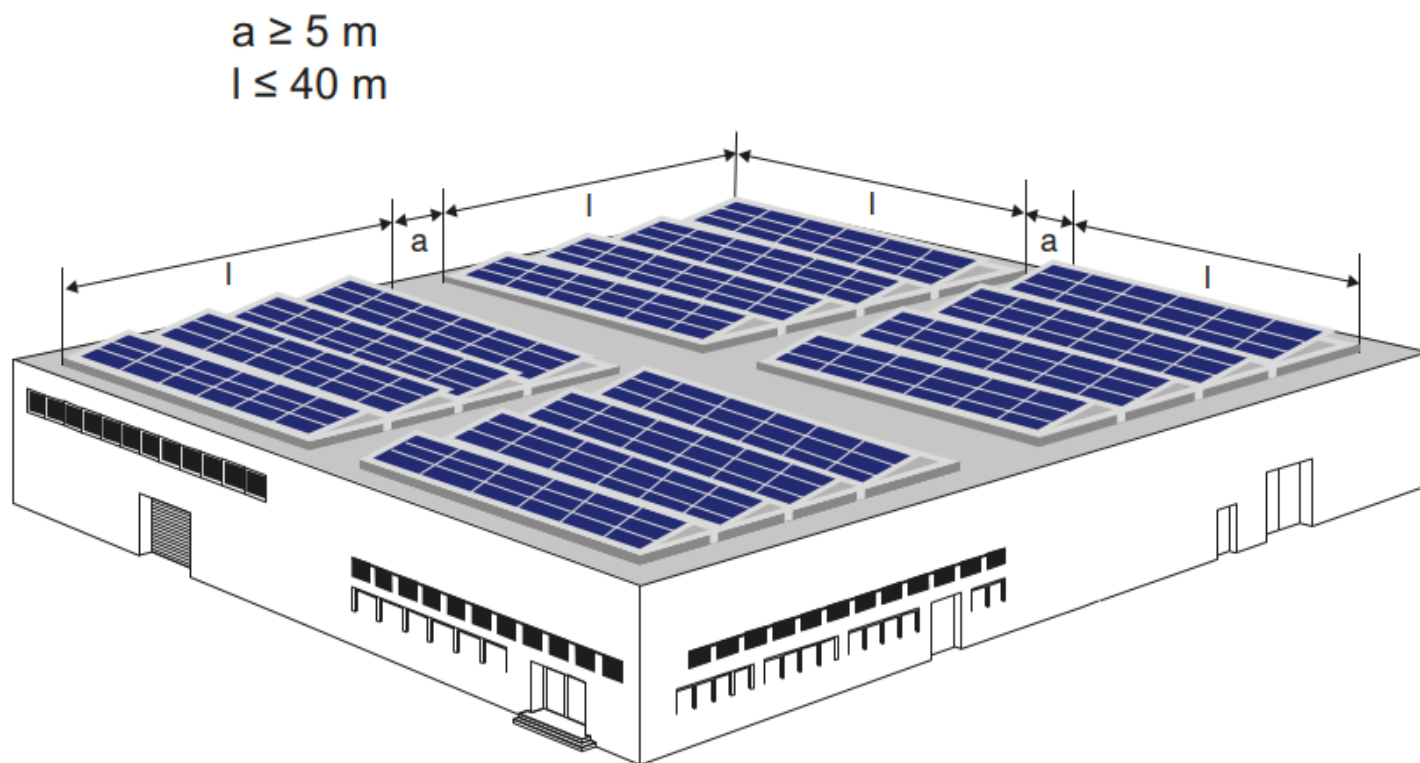
Minimalna odporność ogniowa ścian oddzielenia przeciwpożarowego oraz występujących w nich otworów / przejść instalacyjnych to 90 minut.



Zalecenia dotyczące rozmieszczenia instalacji PV przy lub na budynkach



Zalecenia dotyczące podziału instalacji PV na dachach wielkopowierzchniowych na pola o wymiarach nie większych niż 40x40 m, rozdzielonych wolnymi pasami o szerokości minimum 5 m.



Ściany oddzielenia przeciwpożarowego - podsumowanie

- Wykonanie ściany oddzielenia przeciwpożarowego w sposób zgodny z wymaganiami obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych nie gwarantuje skutecznego oddzielenia stref pożarowych przez cały czas trwania pożaru – szczególnie w odniesieniu do stref o dużej gęstości obciążenia ogniowego
- Osiągnięcie skutecznego oddzielenia wymaga dodatkowych rozwiązań technicznych (zabezpieczenie otworów, odporność mechaniczna ściany, detale połączenia z dachem i ścianami zewnętrznymi)
- Niezbędne jest również spełnienie wymagań organizacyjnych
- Istnieje szereg rozwiązań technicznych i organizacyjnych mogących stanowić rozwiązania zamienne w stosunku do wymagań WT dotyczących ścian oddzielenia przeciwpożarowego





Dziękuję za uwagę

piotr@inbepo.pl

tel. 507-794866