

Zeszyt techniczny

# Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie przemysłowym



**YTONG**<sup>®</sup>



mgr inż. Piotr Harassek

**Zeszyt techniczny**  
**Ochrona przeciwpożarowa**  
**w budownictwie przemysłowym**

wydanie I  
Styczeń 2011

Copyright © by Xella Polska sp. z o.o.  
Warszawa 2011

Znaki SILKA i YTONG są zarejestrowanymi znakami towarowymi.  
Prawa ochronne na te znaki przysługują Xella Polska Sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie.

Żadna część tej pracy nie może być powielana i rozpowszechniana bez pisemnej zgody wydawcy.

## **SPIS TREŚCI**

<b>Wprowadzenie .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Bezpieczeństwo pożarowe budynków .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Odporność ogniowa elementów budynku.....</b>	<b>9</b>
2.1. Klasa odporności ogniowej .....	9
2.2. Wymagania stawiane elementom budynku.....	9
2.3. Elementy oddzielenia pożarowego .....	10
2.4. Reakcja na ogień .....	12
<b>3. Elementy zbrojone YTONG .....</b>	<b>13</b>
3.1. Odporność ogniowa.....	14
3.2. Projektowanie.....	17
<b>4. Detale konstrukcyjne .....</b>	<b>19</b>
<b>5. Bibliografia .....</b>	<b>22</b>



## WPROWADZENIE

Zapewnienie bezpieczeństwa osób, zwierząt i rzeczy w trakcie pożaru to jedno z podstawowych wymagań stawianych budynkom, wymienionych w ustawie Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. [Dz.U.2006 r. Nr 156 poz. 1118].

W budownictwie przemysłowym często stosowanym rozwiązaniem konstrukcyjnym jest wykonanie obiektu w technologii szkieletowej z lekkim przekryciem z płyt warstwowych. Pomimo stosunkowo niewielkiej odporności ogniowej tego rodzaju konstrukcji, rozwiązanie to jest dopuszczalne przez przepisy techniczno-budowlane, głównie ze względu na zmniejszone ryzyko zagrożenia życia (w stosunku do obiektów mieszkalnych). Nie zapewnia to jednak wystarczającego zabezpieczenia mienia. Dotyczy to szczególnie wielkopowierzchniowych obiektów magazynowych, w których często składowane są dobra o dużej wartości, czy budynków produkcyjnych najczęściej stanowiących podstawę działalności gospodarczej.

Jednym ze sposobów na zabezpieczenie się przed stratami, które mogą wystąpić w skutek pożaru, jest ubezpieczenie majątkowe budynku i mienia. W przypadku budynków z przegrodami z płyt warstwowych, zakłady ubezpieczeń traktują je jako obiekty podwyższonego ryzyka. W związku z tym ubezpieczyciel gotów jest przedstawić ofertę jedynie pod warunkiem spełnienia szeregu warunków ze strony inwestora:

- płatność stawki ubezpieczeniowej wyższej o ok. 30-40% niż dla budynków, których przegrody są masywne;

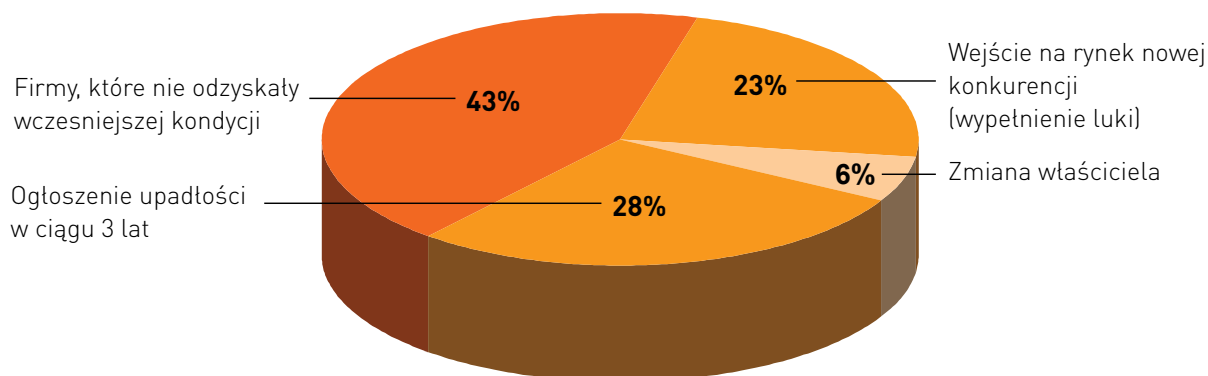
- montaż dodatkowych systemów bezpieczeństwa: tryskacze, czujek ruchu, kłap dymowych;
- częste kontrole stanu technicznego budynku, szczególnie instalacji elektrycznej.

W przypadku dużych przedsiębiorstw lub centrów magazynowych, dodatkowy koszt związany z takimi stawkami ubezpieczenia może wynieść nawet kilkadziesiąt tysięcy w skali jednego roku, nie licząc kosztów dodatkowych za ponadstandardowe zabezpieczenia w celu wypełnienia stawianych przez ubezpieczycieli wymogów.

Większość zakładów ubezpieczeń traktuje przegrody z płyt warstwowych z rdzeniem styropianowym lub poliuretanowym jako konstrukcje palne i rozprzestrzeniające ogień, pomimo, że według klasyfikacji określonej na podstawie prób laboratoryjnych, ściany tego typu zalicza się do kategorii NRO – Nie Rozprzestrzeniające Ognia.

Część zakładów ubezpieczeń nie traktuje nawet najlepszych zabezpieczeń przeciwpożarowych jako wystarczających, jeżeli przegrody wykonane są jako konstrukcja lekka. Ubezpieczyciel odmawia wówczas przedstawienia oferty.

To pokazuje, jak istotny jest odpowiedni dobór elementów, z których wykonane są przegrody budynku. Hale magazynowe czy budynki produkcyjne często stanowią podstawę działalności gospodarczej. Ich zniszczenie w skutek pożaru, nawet przy ewentualnej wypłacie odszkodowania, prawie zawsze prowadzi do znacznej utraty pozycji na rynku, czy wręcz upadłości.



Źródło: HDI - Gerling Sicherheitstechnik GmbH

Rys. 1. Wpływ pożaru obiektu przemysłowego na kondycję przedsiębiorstwa.

# 1. BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE BUDYNKÓW

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego precyzuje *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz. U. nr 75/2002, poz. 690 z późniejszymi zmianami). Zgodnie z § 207 p. 1 Rozporządzenia budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający w razie pożaru:

1. nośność konstrukcji przez czas wynikający z rozporządzenia;
2. ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku;
3. ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie budynki;
4. możliwość ewakuacji ludzi, a także uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Ze względu na przeznaczenie i sposób użytkowania, budynki (lub ich części) stanowiące wydzielone strefy pożarowe dzieli się na:

ZL mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej, charakteryzowane kategorią zagrożenia ludzi:

ZL I zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się;

ZL II przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych;

ZL III użyteczności publicznej, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II;

ZL IV mieszkalne;

ZL V zamieszkania zbiorowego, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II;

PM produkcyjne i magazynowe;

IN inwentarskie (służące do hodowli inwentarza).

W zależności od kategorii budynku oraz kategorii zagrożenia ludzi (w przypadku budynków ZL) lub projektowanego obciążenia ogniowego (w przypadku budynków PM i IN), Rozporządzenie nakłada minimalną klasę odporności pożarowej A do E (tab. 1 i 2). Przyjęta klasa odporności pożarowej wpływa m.in. na wymaganą wartość odporności ogniowej elementów budynku (por. 2.2).

Tab. 1. Wymagana klasa odporności pożarowej budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej w zależności od kategorii ZL

Budynek	Kategoria zagrożenia ludzi				
	ZL I	ZL II	ZL III	ZL IV	ZL V
niski (N)	B	B	C	D	C
średniowysoki (SW)	B	B	B	C	B
wysoki (W)	B	B	B	B	B
wysokościowy (WW)	A	A	A	B	A

Tab. 2. Wymagana klasa odporności pożarowej budynków PM i IN w zależności od gęstości obciążenia ogniowego

Maksymalna gęstość obciąż. ogniowego strefy pożarowej w budynku Q <sup>1)</sup> [MJ/m <sup>2</sup> ]	Budynek o jednej kondygnacji nadziemnej (bez ograniczenia wysokości)	Budynek wielokondygnacyjny			
		Niski (N)	Średniowysoki (SW)	Wysoki (W)	Wysokościowy (WW)
Q ≤ 5000	E	D	C	B	B
500 < Q ≤ 1000	D	D	C	B	B
1000 < Q ≤ 2000	C	C	C	B	B
2000 < Q ≤ 4000	B	B	B	-	-
Q > 4000	A	A	A	-	-

<sup>1)</sup> wartość gęstości obciążenia ogniowego Q oblicza się na podstawie PN-B-02852:2001 Ochrona przeciwpożarowa budynków – Obliczanie gęstości obciążenia ogniowego oraz wyznaczanie względnego czasu trwania pożaru.



## 2. ODPORNOŚĆ OGNIOWA ELEMENTÓW BUDYNKU

### 2.1. Klasa odporności ogniowej

Odporność ogniowa oznacza zdolność danego elementu do spełnienia przez określony czas wymagań dotyczących poszczególnych funkcji, jakie pełni element w budynku. Funkcje te stanowią kryteria, według których ustanawiana jest klasa odporności ogniowej:

- kryterium nośności (R);
- kryterium szczelności (E);
- kryterium izolacyjności (I);
- odporność na uderzenie (M);
- kryterium radiacji (W).

Kryterium (R) uważa się za spełnione, gdy funkcja nośna zostaje zachowana przez wymagany czas oddziaływania pożaru. Klasyfikacja ze względu na kryterium (R) wskazuje także poziom obciążenia  $\alpha$ , wyrażony jako stosunek przyłożonego obciążenia pionowego do maksymalnej nośności elementu.

Kryterium (I) uważa się za spełnione, jeżeli średni przyrost temperatury na całej nienagrzewanej powierzchni został ograniczony do 140 K, a maksymalny przyrost temperatury w dowolnym punkcie tej powierzchni nie przekracza 180 K.

Kryterium (E) uważa się za spełnione, jeżeli przegroda zapobiega przenikaniu płomieni i gorących gazów przez część konstrukcji.

Odporność na uderzenie (kryterium M) uważa się za spełnioną, jeżeli część oddzielająca konstrukcji przenosi skupione obciążenie poziome (uderzenie) zgodnie z PN-EN 1363-2.

Kryterium (W) uznaje się za spełnione, jeżeli strumień ciepła przechodzącego przez przegrodę nie osiąga zbyt dużej gęstości, w skutek czego mogłoby nastąpić zapalenie się materiałów lub nadmierne oddziaływanie

promieniowania cieplnego na ludzi. Kryterium to uznaje się za spełnione, w przypadku gdy przegroda spełnia kryterium szczelności (E) oraz izolacyjności (I).

Klasa odporności ogniowej może odnosić się tylko do jednej funkcji elementu (kryterium) lub kilku jednocześnie. Przedział czasu (w minutach) przez jaki element budynku spełnia daną funkcję określa się liczbowo.

Przykładowo:

- klasa odporności ogniowej R 180 ( $\alpha \leq 0,6$ ) oznacza, że dany element spełnia kryterium nośności w warunkach pożaru przez 180 minut, przy obciążeniu poniżej 60% nośności elementu;
- klasa odporności ogniowej REI 120 ( $\alpha \leq 1,0$ ) oznacza, że dany element spełnia jednocześnie kryterium nośności, szczelności i izolacyjności przez 120 minut, przy maksymalnym dopuszczalnym obciążeniu elementu;
- klasa odporności ogniowej EI-M 60 oznacza, że dany element spełnia jednocześnie kryterium szczelności i izolacyjności przez 60 minut oraz, że uderzenie, które następuje po tym czasie, nie powoduje zniszczenia elementu.

Należy zwrócić przy tym uwagę, że klasa odporności ogniowej zależy od kryterium, które przegroda przestaje spełniać jako pierwsze. Odporność ogniowa elementu REI 120 oznacza, że co najmniej jedno z kryteriów prawdopodobnie nie będzie spełnione po upływie 120 minut. Ten sam element może się jednak wykazywać bardzo wysoką szczelnością ogniową, np. E 240.

### 2.2. Wymagania stawiane elementom budynku

Wymagania dotyczące klasy odporności ogniowej stawiane elementom budynków zależą od funkcji, jakie pełnią one w budynku oraz klasy odporności pożarowej samego budynku. Szczegółowe wartości klas odporności ogniowej podaje *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (tab. 4).

Tab. 3. Kryteria oceny odporności ogniowej z uwagi na funkcję elementu w budynku

Funkcja elementu w budynku	Przykładowy element	Kryterium
wyłącznie nośna	stół, belka	R
wyłącznie oddzielająca	ściana wypełniająca, działowa	E I (lub E W)
nośna i oddzielająca	ściana konstrukcyjna, strop	R E I
nośna, oddzielająca i odporność na uderzenie	ściana oddzielenia pożarowego, konstrukcyjna	R E I – M
oddzielająca i odporność na uderzenie	ściana oddzielenia pożarowego, niekonstrukcyjna	E I – M

Tab. 4. Wymagana klasa odporności ogniowej elementów budynku

Klasa odporności pożarowej budynku	Klasa odporności ogniowej elementów budynku <sup>5)</sup>					
	główna konstrukcja nośna	konstrukcja dachu	strop <sup>1)</sup>	ściana zewnętrzna <sup>12)</sup>	ściana wewnętrzna <sup>1)</sup>	przekrycie dachu <sup>3)</sup>
A	R 240	R 30	REI 120	EI 120	EI 60	RE 30
B	R 120	R 30	REI 60	EI 60	EI 30 <sup>4)</sup>	RE 30
C	R 60	R 15	REI 60	EI 30	EI 15 <sup>4)</sup>	RE 15
D	R 30	(-)	REI 30	EI 30	(-)	(-)
E	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

(-) nie stawia się wymagań

<sup>1)</sup> Jeżeli przegroda jest częścią głównej konstrukcji nośnej, powinna spełniać także kryteria nośności ogniowej (R) odpowiednio do wymagań zawartych w kol. 2 i 3 dla danej klasy odporności pożarowej budynku.

<sup>2)</sup> Klasa odporności ogniowej dotyczy pasa międzykondygnacyjnego wraz z połączeniem ze stropem.

<sup>3)</sup> Wymagania nie dotyczą naświetli dachowych, świetlików, lukarn i okien połaciowych (z zastrzeżeniem § 218), jeśli otwory w połaci dachowej nie zajmują więcej niż 20% jej powierzchni; nie dotyczą także budynku, w którym nad najwyższą kondygnacją znajduje się strop albo inna przegroda, spełniająca kryteria określone w kol. 4.

<sup>4)</sup> Dla ścian komór zsypu wymaga się klasy EI 60, a dla drzwi komór zsypu klasy EI 30.

<sup>5)</sup> Klasa odporności ogniowej dotyczy elementów wraz z uszczelnieniami złączy i dylatacjami.

### 2.3. Elementy oddzielenia pożarowego

Zgodnie z definicją zawartą w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury, strefę pożarową stanowi budynek albo jego część oddzielona elementami oddzielenia przeciwpożarowego lub pasami wolnego terenu o odpowiedniej szerokości.

Powierzchnia strefy pożarowej jest obliczana jako powierzchnia wewnętrzna budynku lub jego części, przy czym wlicza się do niej także powierzchnię antresoli. Maksymalne powierzchnie stref pożarowych budynków przemysłowych i magazynowych oraz inwentarskich podano w tabelach 5 i 6.

Elementami oddzielenia pożarowego są ściany i stropy wykonane z materiałów niepalnych, o odpowiednio wysokiej odporności ogniowej (tab. 7). Ponadto, ściany oddzielenia przeciwpożarowego powinny być:

- wznoszone na własnym fundamencie lub na stropie, opartym na konstrukcji nośnej o klasie odporności ogniowej nie niższej od odporności ogniowej tej ściany;
- wysunięte na co najmniej 0,3 m poza lico ściany zewnętrznej budynku lub na całej wysokości ściany zewnętrznej należy zastosować pionowy pas z materiału niepalnego o szerokości co najmniej 2 m i klasie odporności ogniowej EI 60;
- (w budynku z przekryciem dachu rozprzestrzeniającym ogień) wyprowadzone ponad pokrycie dachu na wysokość co najmniej 0,3 m lub na-

leży zastosować wzdłuż ściany pas z materiału niepalnego o szerokości co najmniej 1 m i klasie odporności ogniowej EI 60, bezpośrednio pod pokryciem; przekrycie na tej szerokości powinno być nierozprzestrzeniające ognia;

- (w budynku, z wyjątkiem zabudowy jednorodzinnej, w dachu którego znajdują się świetliki lub klapy dymowe) ściany oddzielenia przeciwpożarowego usytuowane od nich w odległości poziomej mniejszej niż 5 m, należy wyprowadzić ponad górną ich krawędź na wysokość co najmniej 0,3 m, przy czym wymaganie to nie dotyczy świetlików nieotwieranych o klasie odporności ogniowej co najmniej EI 30.

Według norm europejskich, w tym PN-EN 12602 oraz PN-EN 1996-1-2, ściany oddzielenia pożarowego powinny bezwzględnie nie powodować rozprzestrzeniania się ognia poza tę ścianę (spełniać kryteria EI) oraz charakteryzować się odpornością na uderzenie (M). Jeżeli wynika to bezpośrednio z funkcji, jaką pełni dana przegroda, powinna ona także spełniać kryterium nośności (R).

W związku z tym, ściana oddzielenia przeciwpożarowego jest oznaczana jako REI-M lub EI-M.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury traktuje to zagadnienie w sposób odmienny, tzn. od przegród oddzielających strefy pożarowe wymaga spełniania zarówno kryterium szczelności i izolacyjności, jak i nośności. Nie jest natomiast wymagana odporność na uderzenie.

W wielu przypadkach ściany oddzielenia pożarowego z założenia nie mają pełnić funkcji nośnej, lecz jedynie wydzielającą. W związku z tym często dla elementów tych nie określa się wartości REI odporności ogniowej, lecz jedynie EI.

Wymaganie REI podane w Rozporządzeniu można wówczas uznać za spełnione pod warunkiem, że wartość przyłożonego obciążenia będzie równa zero – odporność ogniowa EI jest równoznaczna z REI ( $\alpha = 0$ ).

Tab. 5. Dopuszczalne powierzchnie stref pożarowych PM, z wyjątkiem garaży

Rodzaj stref pożarowych	Gęstość obciążenia ogniowego Q [MJ/m <sup>2</sup> ]	Dopuszczalna powierzchnia strefy pożarowej w m <sup>2</sup>		
		w budynku o jednej kondygnacji nadziemnej (bez ograniczenia wysokości)	w budynku wielokondygnacyjnym	
			niskim i średniowysokim (N) i (SW)	wysokim i wysokościowym (W) i (WW)
Strefy pożarowe z pomieszczeniem zagrożonym wybuchem	Q ≤ 4000	1 000	*	*
	2000 < Q ≤ 4000	2 000	*	*
	1000 < Q ≤ 2000	4 000	1 000	*
	5000 < Q ≤ 1000	6 000	2 000	500
	Q > 500	8 000	3 000	1 000
Strefy pożarowe pozostałe	Q ≤ 4000	2 000	1 000	*
	2000 < Q ≤ 4000	4 000	2 000	*
	1000 < Q ≤ 2000	8 000	4 000	1 000
	5000 < Q ≤ 1000	15 000	8 000	2 500
	Q > 500	20 000	10 000	5 000

\* Nie dopuszcza się takich przypadków

Tab. 6. Dopuszczalne powierzchnie stref pożarowych IN

Liczba kondygnacji budynku	Dopuszczalna powierzchnia strefy pożarowej w m <sup>2</sup>	
	przy hodowli ściółkowej	przy hodowli bezściółkowej
Jedna	5 000	nie ogranicza się
Dwie	2 500	5 000
Powyżej dwóch	1 000	2 500

Tab. 7. Wymagana klasa odporności ogniowej elementów oddzielenia przeciwpożarowego oraz zamknięć znajdujących się w nich otworów

Klasa odporności pożarowej budynku	Klasa odporności ogniowej				
	elementów oddzielenia przeciwpożarowego		drzwi przeciwpożarowych lub innych zamknięć przeciwpożarowych	drzwi z przedsionka przeciwpożarowego	
	ścian i stropów, z wyjątkiem stropów w ZL	stropów w ZL		na korytarz i do pomieszczenia	na klatkę schodową <sup>1)</sup>
A	REI 240	REI 120	EI 120	EI 60	E 60
B i C	REI 120	REI 60	EI 60	EI 30	E 30
D i E	REI 60	REI 30	EI 30	EI 15	E 15

<sup>1)</sup> Dopuszcza się osadzenie tych drzwi w ścianie o klasie odporności ogniowej, określonej dla drzwi w kol. 6, znajdującej się między przedsionkiem a klatką schodową.

## 2.4. Reakcja na ogień

Każdy materiał budowlany charakteryzuje się tzw. reakcją na ogień, określaną na podstawie normy PN-EN 13501-1. Parametr ten opisuje zapalność materiału, stopień wydzielania dymu oraz występowanie płonących kropel.

Zapalność bezpośrednio oddziałuje na sposób rozprzestrzeniania się ognia w budynku. Palność materiału ma także wpływ na sposób projektowania budynku – duża ilość elementów palnych zwiększa wartość obciążenia ogniowego, co przekłada się na wymaganą klasę odporności pożarowej budynku (tab. 2) oraz maksymalną wielkość strefy pożarowej (tab. 5, 6).

Wiele norm dotyczących wyrobów stosowanych w budownictwie pozwala na przyjęcie klasy A1 reakcji na ogień, o ile zawartość równomiernie rozłożonego materiału organicznego w danym materiale jest mniejsza niż 1 % w stosunku do jego masy lub objętości. Zapis ten znajduje zastosowanie m.in. dla elementów z autoklawizowanego betonu komórkowego, w tym elementów zbrojonych YTONG. Automatycznie oznacza on, że elementy te podczas pożaru również nie wydzielają dymu ani płonących kropel.

Tab. 8. Klasyfikacja materiałów wg reakcji na ogień zgodnie z PN-EN 13501-1

Euroklasa	Zachowanie w warunkach pożaru <sup>1)</sup>
A1	brak zapłonu; wydzielane ciepło podczas spalania PCS $\leq$ 2 MJ/kg
A2	brak zapłonu; wydzielane ciepło podczas spalania PCS $\leq$ 3 MJ/kg
B	brak zapłonu
C	zapłon po 10 minutach
D	zapłon w ciągu 10 minut
E	zapłon w ciągu 2 minut
F	brak wymagań

<sup>1)</sup> Warunki referencyjne zgodnie z PN-ISO 9705:1999

Tab. 9. Klasy dodatkowe ze względu na wydzielanie dymu i płonących kropel wg PN-EN 13501-1

Wydzielanie dymu		Płonące krople/cząstki	
s1	Prawie bez dymu SMOGRA $\leq$ 30 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> TSP600s $\leq$ 50 m <sup>2</sup>	d0	Brak płonących kropel/cząstek
s2	Średnia emisja dymu SMOGRA $\leq$ 180 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> TSP600s $\leq$ 200 m <sup>2</sup>	d1	Krople/cząstki spalają się w ciągu 10 sek.
s3	Intensywna emisja dymu (bez klasyfikacji)	d2	Krople/cząstki płoną dłużej niż 10 sek.

### 3. ELEMENTY ZBROJONE YTONG

Wielkowymiarowe elementy zbrojone YTONG przeznaczone są do wznoszenia zewnętrznych ścian osłonowych, wewnętrznych ścian działowych i ścian oddzielenia pożarowego, a także stropów i dachów w obiektach przemysłowych, handlowych, biurowych lub budynkach użyteczności publicznej.

Elementy zbrojone YTONG wytwarzane są według ściśle kontrolowanego procesu produkcji, z naturalnych surowców: wapna, cementu, piasku kwarcowego i wody, z niewielką ilością środka porotwórczego. Skład taki decyduje o zdrowotności materiału i niskiej promieniotwórczości naturalnej. Wewnętrzne zbrojenie przed zalaniem mieszanką, pokrywane jest ekologiczną farbą antykorozyjną.

Konstrukcję budynku stanowi zazwyczaj szkielet słupowo-ryglowy wykonany z prefabrykowanych elementów żelbetowych, stalowych lub drewnianych. Elementy zbrojone YTONG mogą być mocowane zarówno po stronie zewnętrznej, wewnętrznej jak i pomiędzy elementami konstrukcyjnymi (słupami). Więcej informacji na temat zbrojonych elementów z betonu komórkowego YTONG znajduje się w Zeszycie Technicznym Elementy zbrojone YTONG.

Elementy zbrojone YTONG wykonywane są w szerokim asortymencie wymiarowym z wysoką dokładnością. Możliwość produkcji elementów w wymiarach na zamówienie zgodnie z indywidualną dokumentacją projektową pozwala na swobodę projektowania.

Tab. 10. Właściwości elementów zbrojonych YTONG

Parametr	Wartość
Klasa wytrzymałości	P 4,4
Wytrzymałość na ściskanie w środku płaszczyzny [N/mm <sup>2</sup> ]	5,0
Klasa gęstości	0,55
Gęstość objętościowa w stanie suchym [kg/m <sup>3</sup> ]	≤ 550
Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	0,14
Moduł sprężystości [N/mm <sup>2</sup> ]	2000
Współczynnik rozszerzalności termicznej [10 <sup>-6</sup> /K]	8
Skurcz [mm/m]	≤ 2

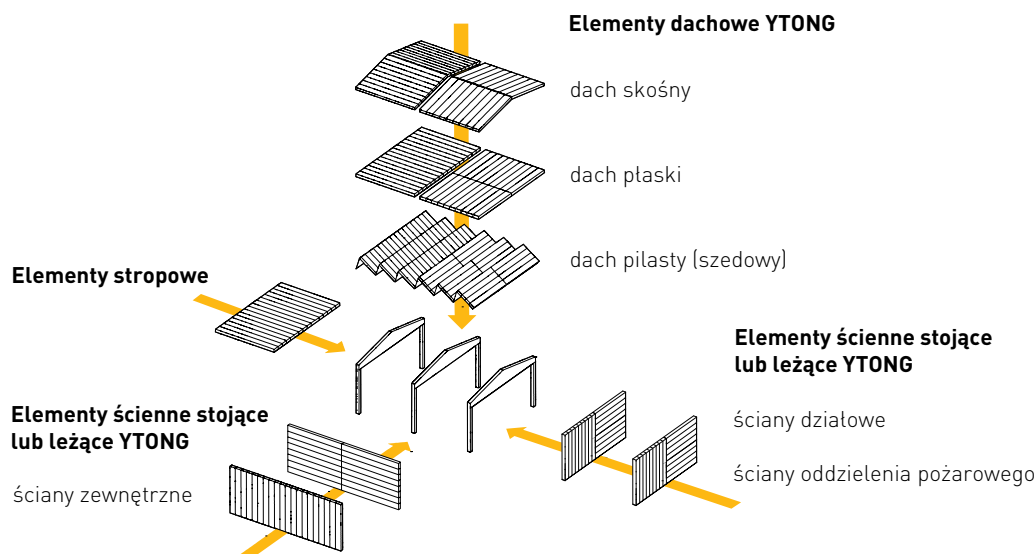
Tab. 11. Standardowe wymiary elementów zbrojonych YTONG

Parametr	Wymiar [mm]	Tolerancja wymiarowa [mm]
Długość	6000; max. 8300 <sup>1)</sup>	± 5
Szerokość <sup>2)</sup>	600; 625; 750	± 3
Grubość	150; 175; 200; 250; 300; 375	± 3

<sup>1)</sup> Możliwość produkcji po spełnieniu wymagań statycznych; maksymalna długość konstrukcyjna – 7500 mm

<sup>2)</sup> Możliwa produkcja w innej szerokości na indywidualne zamówienie; szerokość minimalna – 300 mm

## System konstrukcji budynków z elementów zbrojonych YTONG



Rys. 2. System elementów zbrojonych YTONG.

### 3.1. Odporność ogniowa

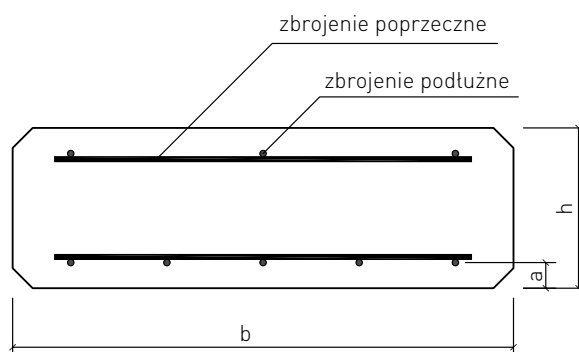
Płyty zbrojone YTONG z autoklawizowanego betonu komórkowego to elementy zgodne z normą PN-EN 12602:2010. Jako elementy produkowane z materiałów mineralnych, zawierają znikomą ilość materiałów organicznych ( $\leq 1\%$ ), w związku z czym przypisuje się je do klasy A1 reakcji na ogień – jest to materiał niepalny, nie wydzielający dymu ani płonących kropel w czasie pożaru (por. 2.4).

Wysoka izolacyjność termiczna ( $\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$ ) sprawia, że jest to materiał, który nagrzewa się bardzo wolno. Dzięki temu, w przypadku realizacji scenariusza pożarowego przegrody YTONG wydatnie przyczyniają się do ochrony budynku i składowanych materiałów:

- ograniczają ryzyko rozprzestrzenienia się ognia wewnątrz budynku;
- nie powodują powstawania kolejnych źródeł ognia (np. od płonących kropel, od promieniowania);
- nie powodują wydzielania się trujących gazów;
- ograniczają rozprzestrzenianie się dymu i gazów powstałych podczas spalania innych materiałów;
- zabezpieczają przed przedostaniem się ognia do sąsiednich budynków;

- chronią przed wtargnięciem ognia do wnętrza budynku;
- łagodzą skutki eksplozji.

Elementy zbrojone YTONG pozwalają na wznoszenie ścian o ponad sześciogodzinnej odporności ogniowej (klasa EI 360) - ulegają tylko nieznacznej deformacji, pozostają gazo- i dymoszczelne, nie powodują znacznego wzrostu temperatury po nie-nagrzewanej stronie.



Rys. 3. Przekrój elementów zbrojonych YTONG pokazujący odległość osiową  $a$ .

Tab. 12. Odporność ogniowa ścian nienośnych z elementów zbrojonych YTONG wg PN-EN 12602:2010

Odporność ogniowa	EI 30	EI 60	EI 90	EI 120	EI 180	EI 240	EI 360
Minimalna grubość ściany $h$ [mm]	50	50	75	75	100	150	150

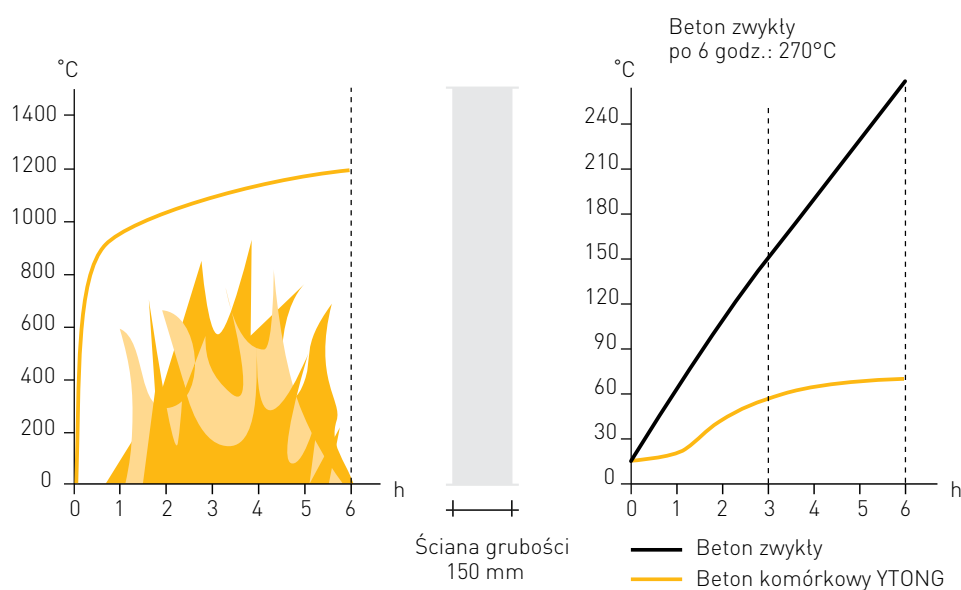
Tab. 13. Odporność ogniowa ścian nośnych z elementów zbrojonych YTONG wg PN-EN 12602:2010

Odporność ogniowa	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180	REI 240
Minimalna grubość ściany $h$ [mm]	100	100	125	150	175	200
Minimalna odległość osiowa $a_{\min}$ [mm]	10	15	20	25	30	35

Tab. 14. Odporność ogniowa stropowych i dachowych elementów zbrojonych YTONG wg PN-EN 12602:2010

Odporność ogniowa	Minimalna grubość płyt YTONG i odległość osiowa							
	3 m		4,5 m		6 m		7,5 m	
	$h_{\min}$	$a_{\min}$	$h_{\min}$	$a_{\min}$	$h_{\min}$	$a_{\min}$	$h_{\min}$	$a_{\min}$
gęstość $\rho \geq 550 \text{ kg/m}^3$								
REI 30	100	15	150	15	175	15	240	15
REI 60	100	20	150	20	200	20	240	20
REI 90	150	30	150	30	200	30	240	30
REI 120	175	35	175	35	200	35	240	35

### Porównanie wytłumienia temperatury przez beton i beton komórkowy



Rys. 4. Tłumienie fali temperatury w trakcie pożaru przez ścianę żelbetową i ścianę z elementów zbrojonych YTONG.

Jednym z najpoważniejszych niebezpieczeństw związanych z pożarem budynku jest zagrożenie wybuchem. Ściany i dachy z elementów zbrojonych YTONG tłumią falę uderzeniową i jednocześnie zapobiegają rozprzestrzenianiu się ognia poprzez odłamki. Dzięki temu masywna konstrukcja YTONG chroni ekipę ratowniczą przed zawaleniem się konstrukcji, w tym dachu, na skutek wybuchu i stanowi skuteczne wsparcie w pracach gaśniczych.

Ściany z elementów zbrojonych YTONG stanowią także skuteczne zabezpieczenie przed uderzeniem mechanicznym wywołanym przez spadające elementy konstrukcji, np. fragment konstrukcji dachu z płyt warstwowych. Odporność na uderzenie nawet po 3 godzinach trwania pożaru zapewnia ochronę całego obiektu przed zniszczeniem mechanicznym, jak i przed dalszym rozprzestrzenianiem się ognia na skutek zniszczenia przegrody.

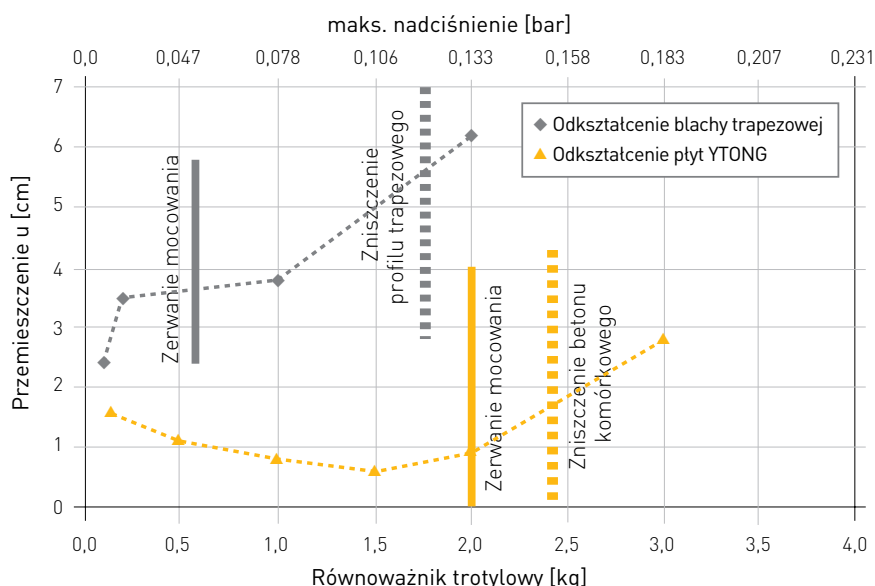
Tab. 15. Odporność ogniowa ścian nośnych z elementów zbrojonych YTONG odpornych na uderzenie (kryterium REI-M)

Odporność ogniowa	REI-M 20	REI-M 60	REI-M 90	REI-M 120	REI-M 180
gęstość $\rho \geq 550 \text{ kg/m}^3$					
Minimalna grubość ściany [mm]	200	200	200	250	300
minimalna odległość osiowa $a_{\min}$ [mm]	20	20	30	30	50

Tab. 16. Odporność ogniowa ścian nienośnych z elementów zbrojonych YTONG odpornych na uderzenie (kryterium EI-M)

Odporność ogniowa	EI-M 20	EI-M 60	EI-M 90	EI-M 120	EI-M 180
gęstość $\rho \geq 550 \text{ kg/m}^3$					
Minimalna grubość ściany [mm]	175	175	175	240	240
minimalna odległość osiowa $a_{\min}$ [mm]	20	20	20	30	30

### Porównanie obciążeń niszczących beton komórkowy i blachę trapezową (symulacja eksplozji)



Źródło: Artykuł specjalistyczny „Explosionssimulation leichter Hallenhüllkonstruktionen” (Symulacja eksplozji w lekkich konstrukcjach powłok halowych, Uniwersytet w Karlsruhe, 2006)

Rys. 5. Obciążenie niszczące od fali uderzeniowej występujące na skutek wybuchu – porównanie przegrody z blachy trapezowej oraz z elementów zbrojonych YTONG.



## 3.2. Projektowanie

Przy projektowaniu ścian, dachów i stropów z elementów zbrojonych YTONG obowiązują ogólne zasady projektowania podane w załączniku A normy PN-EN 12602:2010 Prefabrykowane elementy zbrojone z autoklawizowanego betonu komórkowego. Jednocześnie, projektowanie ze względu na warunki pożarowe opisane jest w załączniku C normy.

Podczas projektowania budynków oraz przegród ze względu na ochronę przeciwpożarową, należy się dodatkowo kierować wytycznymi zawartymi w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (por. 1 i 2).

Przegrody z elementów zbrojonych YTONG mające stanowić przegrody oddzielenia pożarowego wykonuje się na takich samych zasadach jak standardowe ściany, pełniące jedynie funkcję działową. W celu za projektowania przegród oddzielenia pożarowego należy dodatkowo uwzględnić następujące wytyczne:

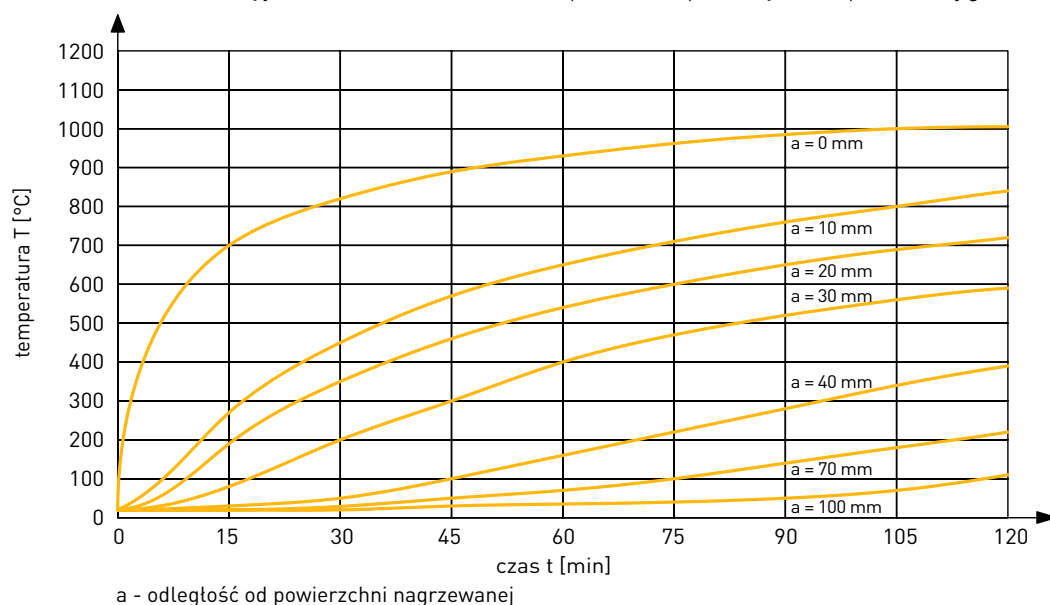
- grubość płyt YTONG powinna być dobrana odpowiednio do wymaganej odporności ogniowej przegrody;
- należy upewnić się co do szczelności samej konstrukcji oraz połączeń pomiędzy płytami YTONG (warunek konieczny dla spełnienia kryterium szczelności E oraz izolacyjności I);

- materiały wykorzystane do wykończenia powierzchni ściany oraz połączeń pomiędzy płytami powinny być niepalne.

W przypadku przewidywanego tzw. pożaru standardowego (krzywa standardowa temperatura-czas) podczas projektowania można posługiwać się wyłącznie tablicami odporności ogniowej (por. 3.1). Dane tabelaryczne zostały opracowane na podstawie teorii i obliczeń wpływu pożaru na właściwości elementów zbrojonych z betonu komórkowego, oraz potwierdzone doświadczeniem i badaniami. O ile nie zachodzą inne przesłanki, nie są wymagane dalsze sprawdzania w podwyższonej temperaturze.

Zapewnienie szczelności (kryterium E) i izolacyjności (kryterium I) w przypadku przegród z elementów zbrojonych odbywa się poprzez zastosowanie płyt o grubości zgodnej z sugerowaną w tablicach dotyczących odporności ogniowej. Jednocześnie musi być spełniony warunek szczelności połączeń.

Kryterium izolacyjności (I) uznaje się za spełnione, jeśli przyrost temperatury na powierzchni nienagrzewanej (bez kontaktu z ogniem) jest niższy niż 140 K. Wartość przyrostu temperatury można określić na podstawie profilu temperatury dla odpowiedniej grubości (rys. 6).



UWAGA:

podane profile przyrostu temperatury odnoszą się do betonu komórkowego gęstości 500 kg/m<sup>3</sup>; w przypadku lżejszych odmian betonu wartość przyrostu temperatury jest większa oraz mniejsza dla odmian cięższych. Wynika to z większej bezwładności cieplnej elementów cięższych.

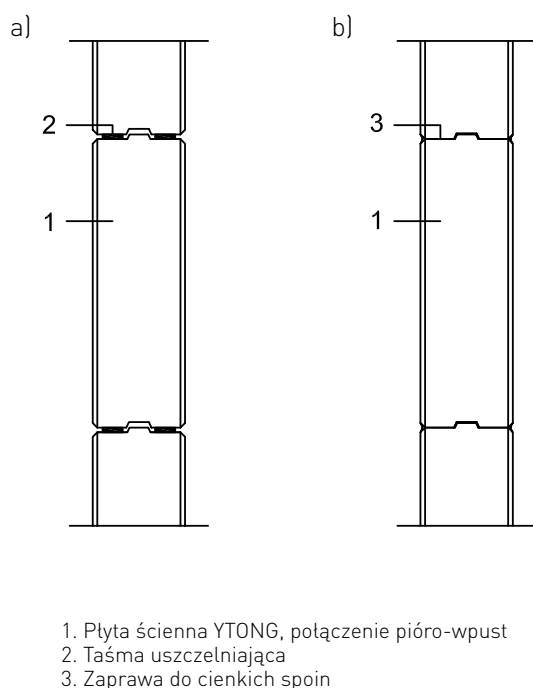
Rys. 6. Profile temperatury dla ściennych, stropowych i dachowych elementów zbrojonych YTONG, o gęstości w stanie suchym 500 kg/m<sup>3</sup>.

W przypadku ścian należy stosować elementy łączące na pióro i wpust (profilowana krawędź podłużna) oraz dodatkowo wypełnienie spoiny podłużnej zaprawą do cienkich spoin (pomimo profilowanej krawędzi). Alternatywą dla wypełnienia spoin zaprawą do cienkich spoin jest ułożenie pasków taśmy uszczelniającej po obu stronach pióra (rys. 7).

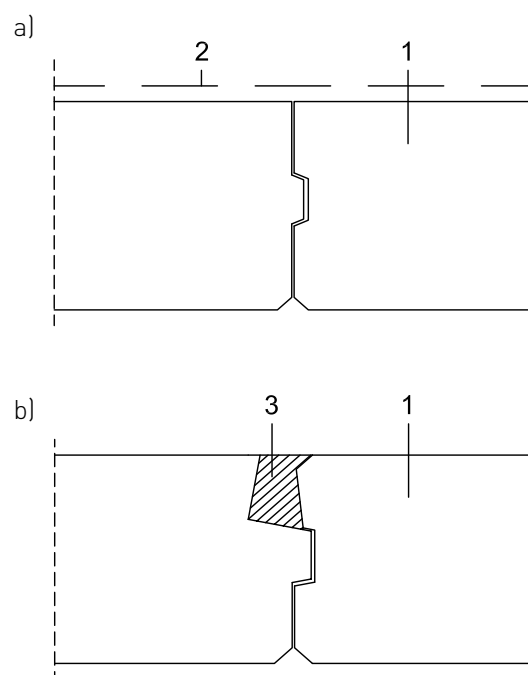
Szczelność połączeń w przypadku elementów stropowych i dachowych, w przypadku płyt łączonych na sucho (tylko pióro i wpust) należy zapewnić poprzez

ułożenie na górnej powierzchni płyt mineralnej warstwy wykończeniowej o grubości  $\geq 5$  mm, która zabezpieczy przed swobodnym przepływem powietrza. Dla elementów łączonych zaprawą cementową (z profilem zalewowym), szczelność ogniową uznaje się za zapewnioną bez dodatkowych zabezpieczeń.

Detale konstrukcyjne połączeń i mocowań elementów zbrojonych YTONG znajdują się w rozdz. 4 oraz w Zeszyte Technicznym Elementy zbrojone YTONG.

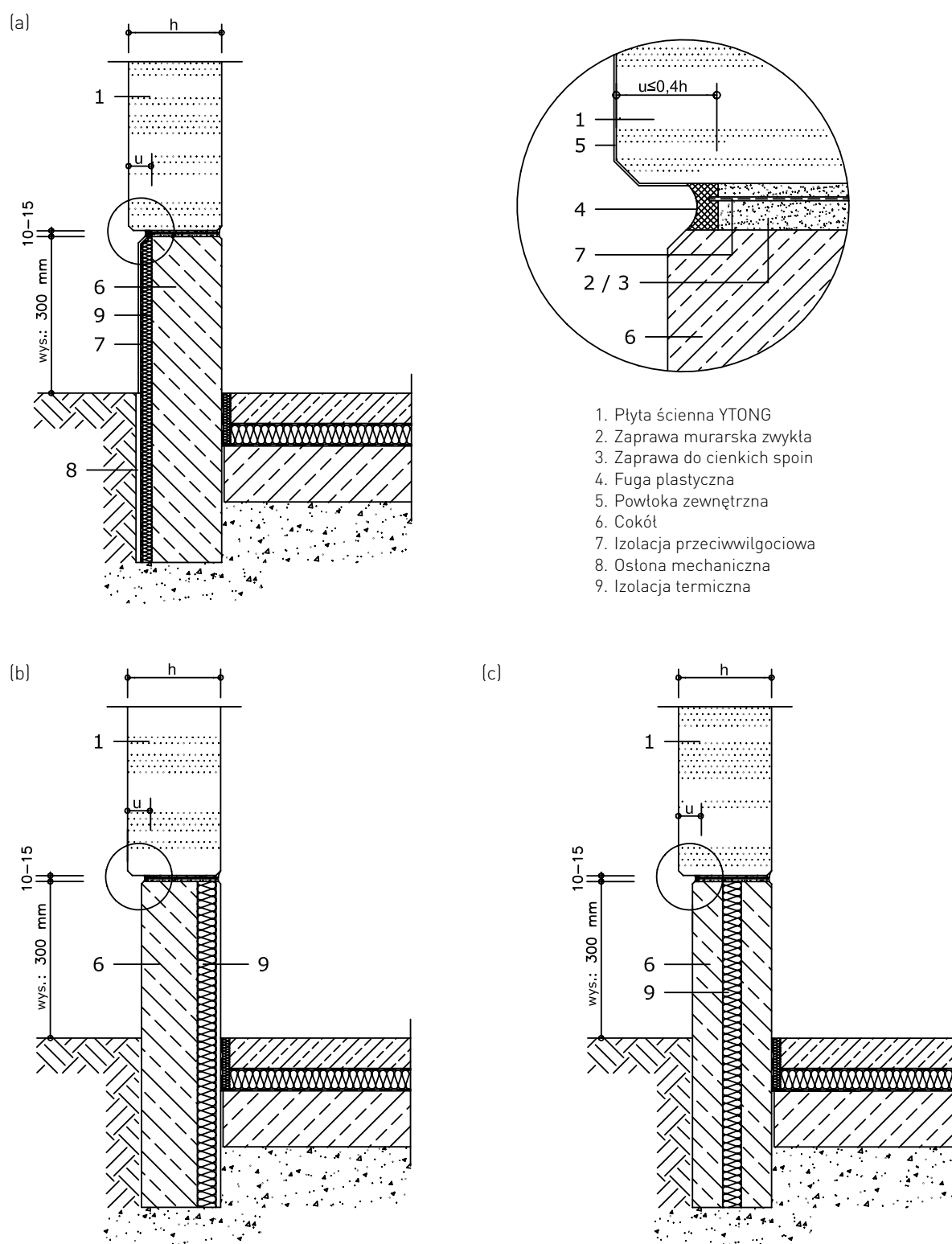


Rys. 7. Szczelne połączenie w ścianach wykonanych ze ściennych poziomych elementów zbrojonych YTONG: (a) połączenie na sucho, (b) połączenie na zaprawę do cienkich spoin.



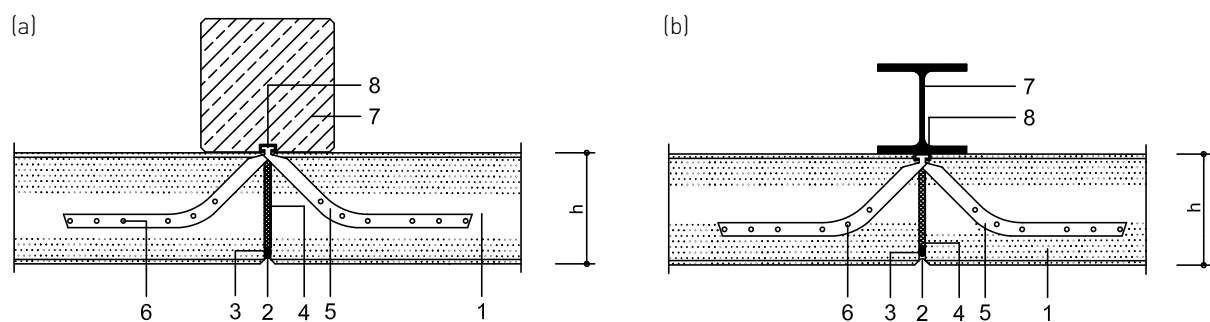
Rys. 8. Szczelne połączenie w stropach/dachach wykonanych z elementów zbrojonych YTONG: (a) połączenie na sucho, (b) połączenie z wypełnieniem profilu zaprawą.

## 4. DETALE KONSTRUKCYJNE



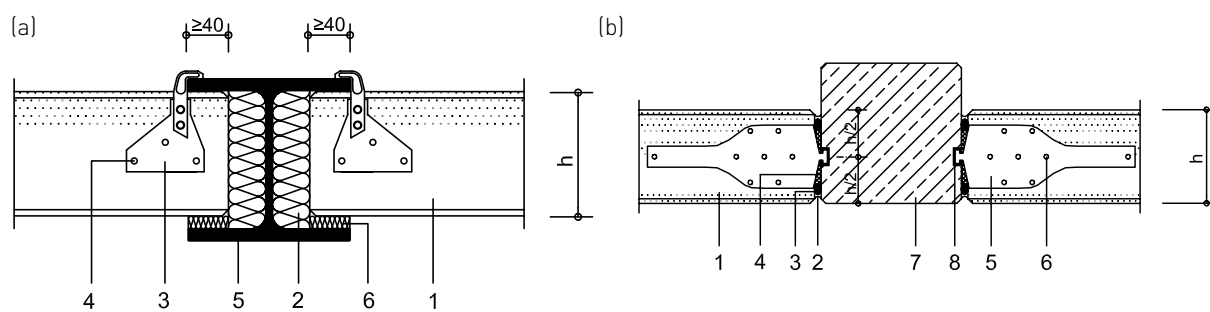
Rys. 9. Oparcie ściennych elementów zbrojonych YTONG na cokole wraz z izolacją termiczną:

- (a) po stronie zewnętrznej,
- (b) po stronie wewnętrznej,
- (c) wewnątrz ściany cokołowej.



1. Płyta ścienna YTONG
2. Fuga plastyczna
3. Sznur PE
4. Wełna mineralna
5. Łącznik typ 16/17
6. Trzpień stalowy
7. Konstrukcja stalowa/żelbetowa
8. Szyna 38/17

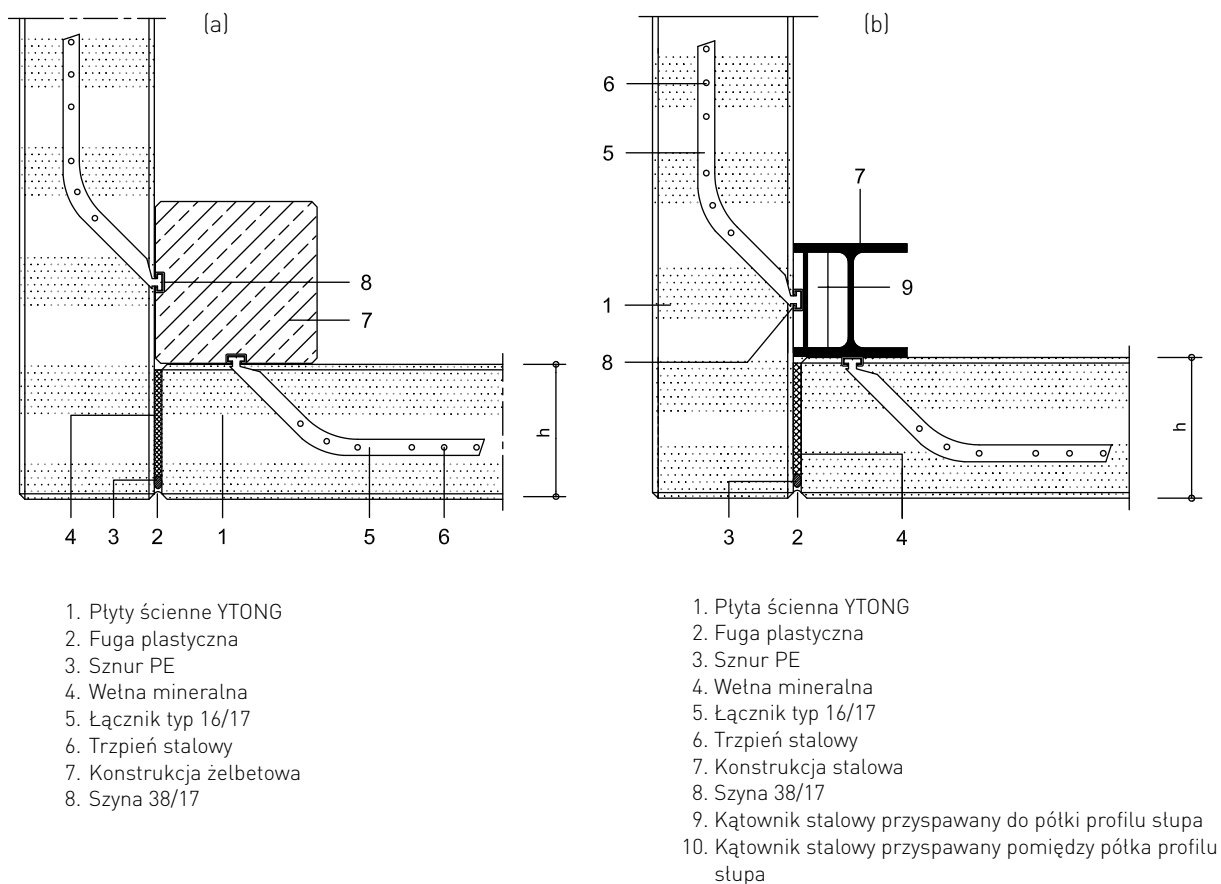
Rys. 10. Połączenie ściennych elementów zbrojonych YTONG przy pomocy łącznika typu 16 i 17, mocowanie do konstrukcji:  
 (a) stalowej,  
 (b) żelbetowej.



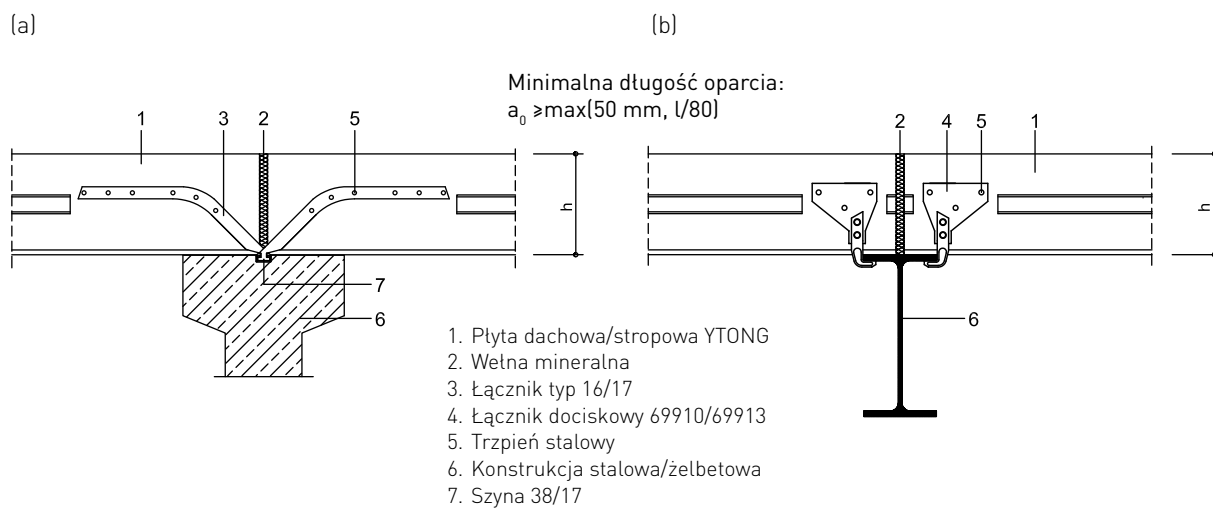
1. Płyta ścienna YTONG
2. Fuga plastyczna
3. Sznur PE
4. Wełna mineralna
5. Łącznik 69910/69913
6. Trzpień stalowy
7. Konstrukcja stalowa
8. Wypełnienie (jeśli konieczne) pianka PUR lub bloczki z betonu komórkowego

1. Płyta ścienna YTONG
2. Fuga plastyczna
3. Sznur PE
4. Wełna mineralna
5. Łącznik typ 12
6. Trzpień stalowy
7. Konstrukcja żelbetowa
8. Szyna 38/17

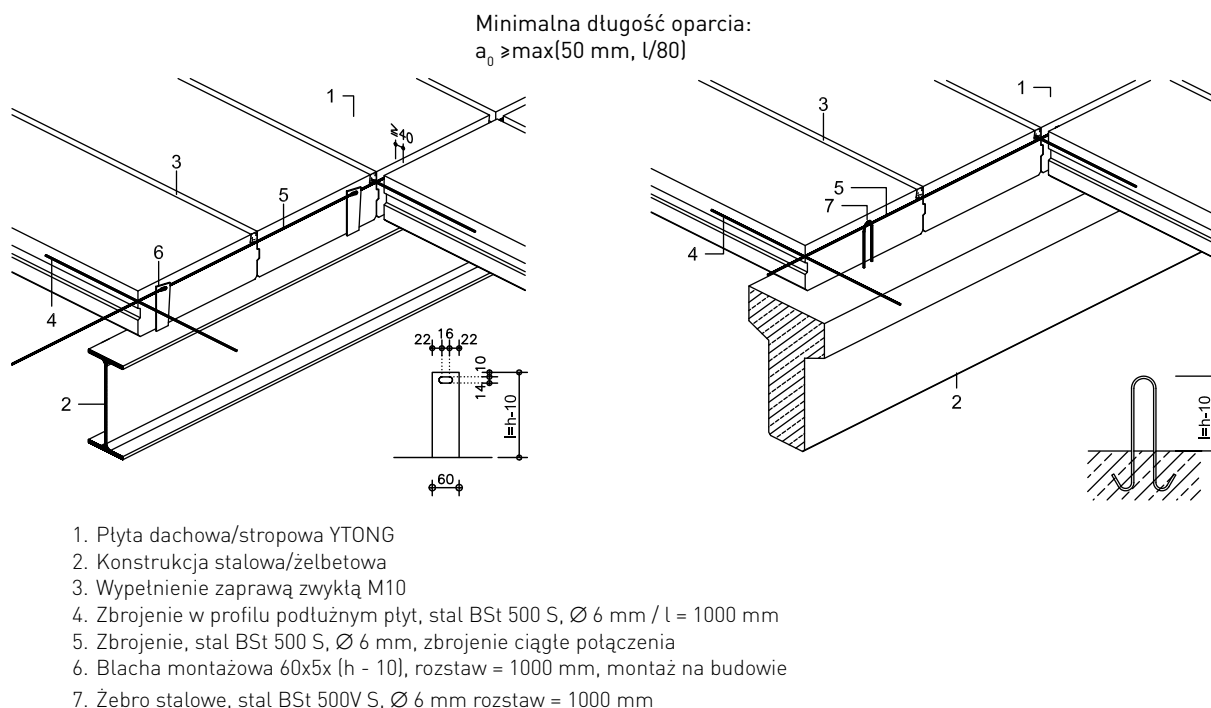
Rys. 11. Mocowanie ściennych elementów zbrojonych YTONG pomiędzy słupami konstrukcji:  
 (a) stalowej,  
 (b) żelbetowej.



Rys. 12. Mocowanie narożne ściennych elementów zbrojonych YTONG przy pomocy łączników typu 16 i 17 do konstrukcji:  
 (a) żelbetowej,  
 (b) stalowej.



Rys. 13. Oparcie płyt stropowych/dachowych YTONG:  
 (a) na belce stalowej/żelbetowej przy pomocy łączników typu 16 lub 17,  
 (b) na belce stalowej przy pomocy łączników dociskowych 69910 lub 69913.



Rys. 14. Oparcie płyt stropowych/dachowych YTONG na belce stalowej/żelbetowej, spoiny zbrojone.

## 5. BIBLIOGRAFIA

M. Larcher, N. Herrmann, L. Stempniewski, „Explosionssimulation leichter Hallenhullkonstruktionen”, Bauingenieur 81/2006

R. Janiak, „Zeszyt Techniczny: Stropowe i dachowe płyty YTONG”, Warszawa 2008

P. Harassek, „Zeszyt Techniczny: Elementy zbrojone YTONG”, Warszawa 2010

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75/2002, poz. 690 z późniejszymi zmianami).

Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U.2006 r. Nr 156 poz. 1118).

PN-EN 1363-1:2001 Badania odporności ogniowej – Część 1: Wymagania ogólne.

PN-EN 1363-2:2001 Badania odporności ogniowej – Część 2: Procedury alternatywne i dodatkowe.

PN-EN 1992-1-2:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne – Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.

PN-EN 1996-1-2:2010 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych – Część 1-2: Reguły ogólne – Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.

PN-EN 12602:2010 Prefabrykowane elementy zbrojone z autoklawizowanego betonu komórkowego.

PN-EN 13501-1 + A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień.



**Xella Polska Sp. z o.o.**

infolinia 0 801 122 227 · 29 767 03 60

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

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