

# Wymagania stawiane lekkiej obudowie

Requirements for lightweight cladding

[dr hab. inż. Elżbieta Urbańska-Galewska](#), [dr inż. Dariusz Kowalski](#) | [IZOLACJE 5/2016](#) | 2016-06-15

## ABSTRAKT

W artykule omówiono wymagania stawiane lekkim obudowom. Przywołano odpowiednie normy i rozporządzenia dotyczące zagadnień ogólnobudowlanych i techniczno-użytkowych.

Requirements for lightweight cladding

The article presents performance requirements for lightweight external wall cladding. Relevant standards and regulations concerning general construction and technical requirements are quoted.

Podstawową funkcją **przegrody zewnętrznej** jest ochrona budynku przed czynnikami atmosferycznymi, takimi jak opady deszczu, wiatr lub temperatura. W dzisiejszych czasach ściana zewnętrzna może pełnić rolę radiatora odbijającego ciepło, ściany akumulującej ciepło, a nawet ogniw fotowoltaicznych dostarczających energię elektryczną do obiektu budowlanego. Podczas projektowania lekkiej obudowy trzeba uwzględnić nie tylko nośność i sztywność przegród wynikającą z oddziaływań środowiskowych i użytkowych, lecz także zagadnienia [1]:

- akustyki budynku, pomieszczeń i ochrony przed hałasem zewnętrznym,
- wymiany ciepła między budynkiem, jego elementami i otoczeniem,
- transportu wilgoci i pary wodnej przez przegrody zewnętrzne między wnętrzem budynku a jego otoczeniem zewnętrznym,
- naświetlenia pomieszczeń w budynku,
- reakcji materiałów konstrukcyjnych i wykończeniowych na ogień oraz ochrony przeciwpożarowej,
- wpływu lokalnych warunków atmosferycznych na obiekt budowlany i jego elementy zewnętrzne,
- wpływu środowiska wewnętrznego w budynku na elementy obiektu,
- korozji materiałów i zmienności ich właściwości w czasie.

Struktura przegród zewnętrznych oraz rodzaj zastosowanych materiałów budowlanych wpływają bezpośrednio na przebieg procesów fizycznych zachodzących na styku ośrodków oraz wewnątrz przegrody. Każdy z ośrodków charakteryzuje się innymi właściwościami fizycznymi (temperaturą, wilgotnością), a przegroda ma na celu zapewnienie optymalnego oddziaływania czynników zewnętrznych na mikroklimat we wnętrzu budynku.

Konstrukcja ścian zewnętrznych, niezależnie od wymagań wytrzymałościowych, powinna zapewnić również: ochronę przed zawilgoceniem wnętrza, ochronę przed ucieczką ciepła z wnętrza pomieszczeń oraz ochronę przed hałasem [2].

Przegrody zewnętrzne powinny charakteryzować się nie tylko dobrą izolacyjnością termiczną, lecz także poprawnymi rozwiązaniami technologicznymi, tak by wskutek eksploatacji nie dochodziło do wykrapłania się pary wodnej w przegrodzie ściennej.

Dyfuzja jest procesem przemieszczania się pary wodnej przez ściany, głównie zewnętrzne. Efektem różnicy ciśnień jest ruch pary wodnej z wnętrza obiektu na zewnątrz. Podczas projektowania przegrody należy wziąć pod uwagę takie czynniki, jak grubości poszczególnych warstw, współczynniki przewodzenia ciepła użytych materiałów,

współczynniki przepuszczalności pary wodnej materiałów oraz występujące ciśnienia pary wodnej po obu stronach przegrody.

Błędne rozwiązania na tym etapie mogą skutkować kondensacją pary wodnej wewnątrz przegrody. Kondensacja zachodzi wówczas, gdy ciśnienie rzeczywiste pary wodnej równa się wartości ciśnienia stanu nasycenia.

Skutkiem kondensacji pary wodnej w przegrodzie jest znaczne obniżenie właściwości izolacyjnych materiałów przegrody, a także ryzyko powstania zagrożeń związanych z rozwojem grzybów i pleśni oraz ich korozji. Szczegółowe wytyczne obliczania krytycznej wilgotności powierzchni zawarto w normie PN-EN ISO 13788:2013-05 [3].

**Ściany osłonowe**, analogicznie jak wszystkie wyroby stosowane w budownictwie, zgodnie z poprzednio obowiązującą dyrektywą Rady 89/106/EWG [4], jak i obecnie obowiązującym rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego Nr 305/2011 [5], powinny charakteryzować się takimi właściwościami technicznymi, aby obiekty z nich zmontowane spełniały wymagania podstawowe (nośność i stateczność, bezpieczeństwo pożarowe, higienę, zdrowie, ochronę środowiska, bezpieczeństwo użytkowania, ochronę przed hałasem, oszczędność energii, izolacyjność cieplną i zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych).

Wobec tego właściwości elementów obudowy powinny być takie, aby ściany z nich zbudowane spełniały wymagania techniczno-użytkowe w zakresie:

- bezpieczeństwa:
  - nośności i sztywności oraz wymagań ogólnobudowlanych,
  - ochrony pożarowej,
  - ochrony przed korozją,
  - trwałości eksploatacyjnej;
- funkcjonalno-użytkowym:
  - szczelności,
  - izolacyjności cieplnej,
  - izolacyjności akustycznej,
  - zdrowia i higieny,
  - estetyki.

Aktualne wymagania, jakim powinny odpowiadać **ściany osłonowe**, są dokładnie określone w normie PN-EN 13830:2015 [6].

#### **Wymagania ogólnobudowlane**

Wymagania te dotyczą rozwiązań konstrukcyjnych przegród budowlanych, bezpieczeństwa i sposobu użytkowania lekkiej obudowy. Można przyjąć, że są one następujące [7]:

- rozwiązania **konstrukcyjne ścian** powinny zapewniać możliwość rektyfikacji konstrukcji nośnej ściany, co jest realizowane przez mocowanie szkieletu nośnego wyłącznie do stropów budynku za pomocą odpowiednio skonstruowanych elementów złącznych;
- połączenia lekkiej ściany osłonowej z elementami konstrukcji nośnej budynku powinny być tak zaprojektowane, aby nierównomierne lub zbyt duże osiadanie/odkształcenie konstrukcji nośnej budynku nie wywoływało dodatkowego obciążenia elementów lekkiej obudowy (zbyt dużych dodatkowych naprężeń i odkształceń zamontowanej ściany);



- rozwiązania styków elementów powinny być tak skonstruowane, aby umożliwić wymienialność materiałów uszczelniających i ocieplających, a w szczególności wszelkiego rodzaju oszklenia. Elementy, które nie podlegają wymianie, powinny mieć taką trwałość, na jaką projektuje się konstrukcję budynku;
- w przewidzianym okresie eksploatacji **lekka obudowa** nie powinna zmieniać swoich właściwości użytkowych ani technologicznych;
- w rozwiązaniach systemowych oraz projektach indywidualnych powinny być tak dobrane odchyłki wymiarowe i wymiary złączy, aby zapewnić łatwy montaż ściany osłonowej, uwzględniający odchyłki wymiarowe wsporczych elementów obiektu nawet o wartościach czasami przewyższających wartości normowe;
- tolerancje wymiarowe wyrobów składowych ściany powinny być tak dobrane, aby powstałe przy montażu odchyłki nie zwiększały pracochłonności prac montażowych.

#### **Wymagania w zakresie nośności i sztywności lekkiej obudowy**

W normie PN-EN 13830:2015 [6] określono wymagania dotyczące **ścian osłonowych** pionowych oraz odchylonych od pionu w zakresie  $\pm 15^\circ$ . Są to m.in. wymagania dotyczące odporności:

- na obciążenie wiatrem,
- na obciążenia śniegiem,
- na uderzenie wewnętrzne lub zewnętrzne,
- na obciążenia poziome,
- na wstrząsy sejsmiczne,
- na szok termiczny,
- zdolności przenoszenia ciężaru własnego,
- ogniowej.

#### *Odporność na obciążenie wiatrem*

Ściana osłonowa musi mieć wystarczającą nośność i sztywność, aby bezpiecznie przenosić obciążenie wiatrem w obydwu kierunkach (parcie i ssanie), tzn. nie ulec zniszczeniu ani trwałym deformacjom. Oddziaływanie wiatru na ścianę osłonową musi być bezpiecznie przeniesione na konstrukcję nośną budynku za pomocą specjalnie w tym celu zaprojektowanych łączników.

Obciążenie obliczeniowe wiatrem, który może oddziaływać na ścianę osłonową, powinno być określone na podstawie normy PN-EN 1991-1-4 [8], [9]. W załączniku C normy PN-EN 13830:2015 [6] podano szczegółowe wytyczne dotyczące doboru współczynników obciążeń i kombinacji obciążeń.

Sztywność ściany osłonowej powinna być określona obliczeniowo, jednakże w obliczeniach tych nie należy uwzględniać potencjalnego wpływu sztywności szyb, chyba że zostały przeprowadzone stosowne obliczenia, które to uwzględniają.

Elementy ściany osłonowej muszą być poddane badaniom zgodnie z normą PN-EN 12179:2004 [10] w celu zweryfikowania zadeklarowanego przez producenta dopuszczalnego obciążenia.

W normie PN-EN 13830:2015 [6] określono graniczne wartości ugięcia zewnętrznej powierzchni elementów nośnych ściany osłonowej  $d$  jako:

- $d \leq L/200$  – gdy  $L \leq 3000$  mm,
- $d \leq 5\text{mm} + L/300$  – gdy  $3000\text{ mm} < L < 7500$  mm,
- $d \leq L/250$  – gdy  $L \geq 7500$  mm,



gdzie:

L – odległość mierzona między punktami podparcia lub zamocowania elementów ściany osłonowej do konstrukcji budynku.

Ponadto należy uwzględnić warunki dopuszczalnego ugięcia z uwagi na materiał wypełniający (szyby zespolone, kamień i inne).

#### Odporność na obciążenie śniegiem

Wymóg ten dotyczy tylko elementów obciążonych śniegiem. Obciążenie obliczeniowe śniegiem należy określić na podstawie normy PN-EN 1991-1-3 [11], [12], [13].

W normie PN-EN 13830:2015 [6] określono graniczne wartości ugięcia elementów nośnych przenoszących obciążenie śniegiem  $d$ , mierzone w prostopadłe do elementu, jako:

- $d \leq L/200$  – gdy  $L \leq 3000$  mm,
- $d \leq 5$  mm +  $L/300$  – gdy  $3000$  mm  $< L < 7500$  mm,
- $d \leq L/250$  – gdy  $L \geq 7500$  mm,

gdzie:

L – odległość mierzona między punktami podparcia lub zamocowania elementów ściany osłonowej do konstrukcji budynku.

TABELA 1. Klasy odporności na uderzenie według normy PN-EN 14019:2006 [14]

Uderzenie	Klasa/wysokość spadania [mm]					
<b>Wewnętrzne</b>	I0 nie dot.	I1 200	I2 300	I3 450	I4 700	I5 950
<b>Zewnętrzne</b>	E0 nie dot.	E1 200	E2 300	E3 450	E4 700	E5 950

#### Odporność na uderzenie wewnętrzne i/lub zewnętrzne

Każda ściana powinna przenieść obciążenie udarowe o energii wynikającej z przeznaczenia ściany i przewidywanych podczas eksploatacji przypadków uderzeń.

Odpowiednie badania należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN 14019:2006 [14]. Norma ta nie dotyczy "szyb w budynku", które są klasyfikowane według normy PN-EN 12600:2004 [15].

W **TAB. 1** podano klasyfikację odporności na uderzenia wewnętrzne i zewnętrzne w zależności od wysokości spadania ciałem miękkim i ciężkim według normy PN-EN 13049:2004 [16]. Dla klasy 0 nie ma żadnych wymagań dotyczących odporności na obciążenia udarowe.

#### Odporność na obciążenie poziome

Zmienne obciążenie poziome przyłożone na wysokości parapetu powinno być określone zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1:2004 [17].

W normie PN-EN 13830:2015 [6] określono graniczne wartości ugięcia  $d$  elementu konstrukcyjnego ściany osłonowej przenoszącego obciążenia poziome na wysokości parapetu jako:

- $d \leq L/200$  – gdy  $L \leq 3000$  mm,
- $d \leq 5$  mm +  $L/300$  – gdy  $L > 3000$  mm,

gdzie:

L – odległość mierzona między punktami podparcia elementów konstrukcji nośnej ściany osłonowej.



### Odporność na wstrząsy sejsmiczne

Sejsmiczne obciążenie obliczeniowe, które może oddziaływać na ścianę osłonową, powinno być określone na podstawie normy PN-EN 1998-1 [18], [19]. Ściana osłonowa musi być odporna na siły bezwładności wywołane zadeklarowanym przez producenta oddziaływaniem sejsmicznym. Siły te muszą być przeniesione przez łączniki na konstrukcję wsporczą ściany.

Podczas przeprowadzania testów zgodnie z załącznikiem D normy PN-EN 13830:2015 [6] należy pomierzyć maksymalne poziome przemieszczenia na kierunku rozciągania, przy których ściana osłonowa pracuje w zakresie bezpiecznym.

### Odporność na szok termiczny

Jeżeli jest wymagane, aby szkło miało odporność na szok termiczny, należy dobrać właściwe szkło wzmocnione lub hartowane, zgodnie z odpowiednimi normami.

### Zdolność do przenoszenia ciężaru własnego

Ściana osłonowa powinna przenieść ciężar własny, w tym wszystkie elementy dodatkowe przyłączone zgodnie z oryginalnym projektem systemu osłonowego. Ciężar ściany osłonowej przenoszony jest na konstrukcję budynku przez zaprojektowane do tego celu elementy łączące.

Ciężar własny powinien być określony zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1:2004 [17].

Maksymalne ugięcie każdego poziomego elementu szkieletu nośnego ściany osłonowej pod wpływem ciężaru własnego nie powinno przekraczać  $L/500$ .

Nie można również dopuszczać do kontaktu między tymi elementami a wypełnieniem paneli w celu zapewnienia właściwej wentylacji i drenażu wnętrza paneli, jeżeli jest to konieczne ( $L$  - długość elementu mierzona między punktami podparcia).

Wartości ugięć elementów poziomych nie mogą przekraczać wartości dopuszczalnych z uwagi na zastosowane materiały wypełniające (szkło, IGU – insulated glass unit, kamień i inne).

### Odporność ogniowa

Jeżeli jest wymagane, odporność ogniową elementów składowych ściany osłonowej należy sklasyfikować zgodnie z normą PN-EN 13501-2+A1:2010 [20].

### Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego

Wszelkie przegrody budowlane stosowane w obiektach zarówno zaliczanych do klas zagrożenia ludzi (kategorie ZL), przemysłowych, magazynowych (kategorie PM) czy inwentarskich (kategoria IN) muszą spełniać stawiane im wymagania odpowiedniej izolacyjności typu R, E oraz I określone w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [21], stosownie do klasy odporności pożarowej budynku, w którym zostaną zastosowane.

Klasyfikacji dokonuje się na podstawie warunków określonych w tym rozporządzeniu w zależności od przeznaczenia budynku, sposobu użytkowania, wielkości, wartości spodziewanego obciążenia ogniowego na podstawie danych projektowych i porównawczych, stosownie do przyjętych rozwiązań ograniczających ewentualne szkody i podnoszące bezpieczeństwo pożarowe w przypadku wystąpienia tego żywiołu.

W [TAB. 2](#) podano podstawowe wymagania wobec przegród.

Ściany zewnętrzne mogą spełniać dwojakie funkcje [22]:

- ograniczać rozprzestrzenianie się ognia między budynkami i kondygnacjami budynku,
- ograniczać rozprzestrzenianie się ognia i dymu tylko między kondygnacjami budynku.



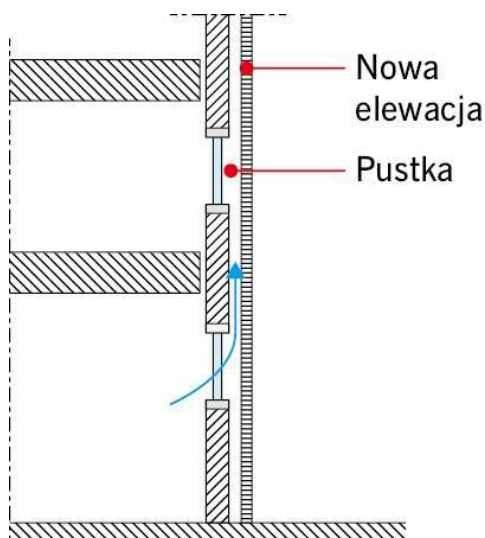
Pierwszy przypadek dotyczy sytuacji, gdy odległości między budynkami są mniejsze od wymaganych i ściana powinna spełniać rolę przegrody o wymaganej odporności ogniowej. Połączenia ściany ze stropami również powinny spełniać wymóg odpowiedniej odporności ogniowej w celu zabezpieczenia przed rozprzestrzenianiem się dymu i ognia między kondygnacjami.

Drugi przypadek dotyczy sytuacji, gdy odległości między budynkami są zachowane i nie ma niebezpieczeństwa rozprzestrzeniania się ognia na sąsiednie budynki. Ściana zewnętrzna powinna ograniczać rozprzestrzenianie się ognia wewnątrz budynku.

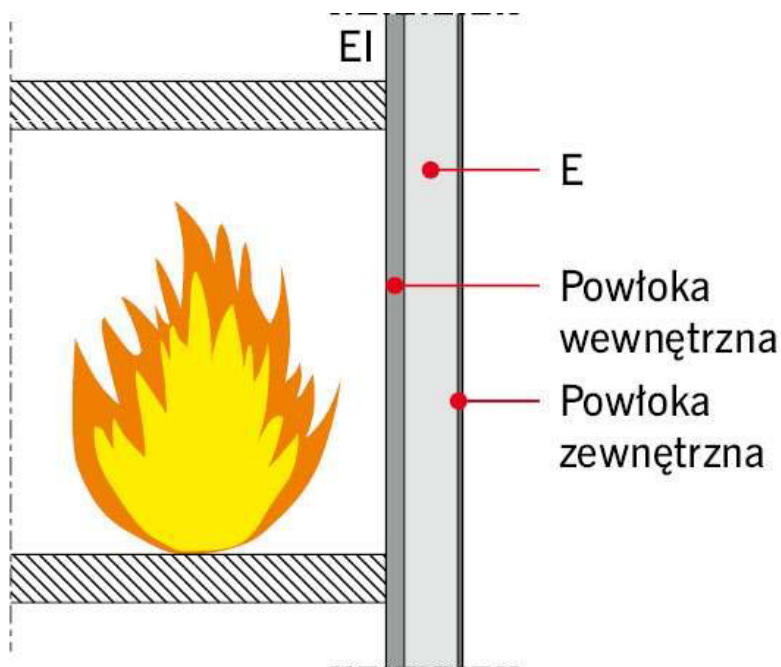
W przypadku dwupowłokowych ścian zewnętrznych zagadnienie bezpieczeństwa pożarowego jest znacznie bardziej skomplikowane ( [RYS. 1](#) ).

Klasa odporności pożarowej budynku	Klasa odporności ogniowej elementów budynku					
	główna konstrukcja nośna	konstrukcja dachu	strop	ściana zewnętrzna	ściana wewnętrzna	przekrycie dachu
A	R 240	R 30	R E I 120	E I 120	E I 60	R E 30
B	R 120	R 30	R E I 60	E I 60	E I 30	R E 30
C	R 60	R 15	R E I 60	E I 30	E I 15	R E 15
D	R 30	-	R E I 30	E I 30	-	-
E	-	-	-	-	-	-

TABELA 2. Podstawowe wymagania stawiane przegrodom budowlanym co do poszczególnych klas odporności pożarowej budynków według §216 rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [21]



RYS. 1. Ochrona przeciwpożarowa ściany dwupowłokowej: rozprzestrzenianie się ognia; rys. O. Korecki, K. Mateja [7]



RYS. 3. Ochrona przeciwpożarowa ściany dwupowłokowej: powłoka wewnętrzna o wymaganej odporności ogniowej; rys. O. Korecki, K. Mateja [7]

Na [RYS. 2](#) przedstawiono możliwe trzy metody rozwiązania wentylacji w tego typu obiekcie, tzn.:

- A – swobodną wentylację między pierwszą i ostatnią kondygnacją,
- B – wentylację mechaniczną do kanału zbiorczego,
- C – swobodną wentylację w ramach jednej kondygnacji.

Bezpieczeństwo pożarowe w budynkach z dwupowłokową ścianą osłonową można uzyskać alternatywnie dzięki zastosowaniu jednego z poniższych rozwiązań:

- wewnętrzna powłoka ściany wykonana jest w sposób zapewniający spełnienie kryterium szczelności i izolacyjności na kondygnacji wyższej (EI) oraz kryterium szczelności (E) na kondygnacji na której wybuchł pożar ([RYS. 3](#));
- zastosowanie rozwiązania z [RYS. 2 - C](#), tj. swobodnej wentylacji w ramach jednej kondygnacji, przy jednoczesnym zastosowaniu przegród pionowych zabezpieczających przez rozprzestrzenieniem się ognia i dymu w kierunku poziomym.

Reakcja na ogień

Jeżeli jest wymagane, reakcję na ogień elementów składowych ściany osłonowej należy sklasyfikować zgodnie z normą PN-EN 13501-1+A1:2010 [23].

Rozprzestrzenianie się ognia (na wyższe kondygnacje)

Jeżeli jest wymagane, ściana osłonowa powinna mieć takie zapory pożarowe i dymowe, jakie są konieczne do ochrony przed przepuszczaniem ognia i dymu przez szczeliny między konstrukcją ściany osłonowej a czołem stropu na wszystkich poziomach. Fragmenty konstrukcji ściany powinny być przetestowane zgodnie z normą PN-EN 1364-4:2014.

Zgodnie z aktualnymi wymaganiami przepisów prawnych ściany zewnętrzne budynków powinny być wykonane z materiałów nierozprzestrzeniających ognia (NRO), a na wysokości budynku powyżej 25 m od poziomu terenu



okładzina elewacyjna, jej mocowanie mechaniczne, a także izolacja cieplna ściany zewnętrznej powinny być wykonane z materiałów niepalnych [21].

W normie PN-B-02867:2013-06 [25] podano procedurę badania i kryteria klasyfikacji ścian zewnętrznych budynków od strony zewnętrznej w zakresie stopnia rozprzestrzeniania ognia. Badanie ścian zewnętrznych budynków od strony wewnętrznej objęte jest systemem klasyfikacji europejskiej według normy PN-EN 13501-1+A1:2010 [23].

Normy nie stosuje się do ścian, w których każdy odrębny składnik posiada klasę reakcji na ogień co najmniej A2-s3,d0. Ściany takie uznaje się za nierozprzestrzeniające ognia bez badań.

W polskich przepisach prawnych [21] przywoływana jest jeszcze norma PN-B-02867:1990+A1:2001 [26], [27], dotycząca metody badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany. W punkcie 1.2 klasyfikuje ona ściany wykonane z materiałów niepalnych jako nierozprzestrzeniające ognia bez konieczności badania. W pozostałych sytuacjach ściany zewnętrzne należy poddać badaniu działania ognia od strony zewnętrznej budynku.

Określanie niepalności według tej normy nie jest jednak zdefiniowane tak samo, jak w rozporządzeniu zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [28], czyli klasą reakcji na ogień. Określa się je badaniem niepalności zgodnie z normą PN-B-02862:1993 [29] (wycofaną bez zastąpienia).

Rozprzestrzenianie ognia przez elementy budynku z wyłączeniem ścian zewnętrznych przy działaniu ognia z zewnątrz budynku:

- nierozprzestrzeniającym ognia elementom budynku odpowiadają elementy:  
- wykonane z wyrobów klasy reakcji na ogień: A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1, d0; Bs-2, d0 oraz Bs-3, d0;
- - stanowiące wyrób o klasie reakcji na ogień: A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1,d0; B-s2, d0 oraz B-s3, d0, przy czym warstwa izolacyjna elementów warstwowych powinna mieć klasę reakcji na ogień co najmniej E;
- słabiorozprzestrzeniającym ogień elementom budynku odpowiadają elementy:  
- wykonane z wyrobów klasy reakcji na ogień: C-s1, d0; C-s2, d0; C-s3, d0 oraz D-s1,d0;  
- stanowiące wyrób o klasie reakcji na ogień: C-s1, d0; C-s2, d0; C-s3, d0 oraz D-s1,d0, przy czym warstwa izolacyjna elementów warstwowych powinna mieć klasę reakcji na ogień co najmniej E.

Rozprzestrzenianie ognia przez przekrycia dachów

Nierozprzestrzeniającym ognia przekryciom dachów odpowiadają przekrycia:

- klasy B<sub>ROOF</sub> (t1) badane zgodnie z normą PN-ENV 1187:2004 [30], badanie 1, dla których warunki i kryteria techniczne podano w **TAB. 4**,
- klasy B<sub>ROOF</sub>, uznane za spełniające wymagania w zakresie odporności wyrobów na działanie ognia zewnętrznego, bez potrzeby przeprowadzenia badań, których wykazy zawarte są w decyzjach Komisji Europejskiej publikowanych w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej.

Przekrycia dachów spełniające kryteria grupy b i niespełniające jednego lub więcej kryteriów grupy a klasyfikuje się jako słabo rozprzestrzeniające ogień.

Przekrycia dachów klasy F<sub>ROOF</sub> (t1) klasyfikuje się jako przekrycia silnie rozprzestrzeniające ogień.



Grupy kryteriów	Warunki i kryteria dla klasy B <sub>ROOF</sub> (t1) (konieczne spełnienie wszystkich wymienionych poniżej)
<b>Grupa a: powierzchniowe rozprzestrzenianie ognia</b>	zasięg zniszczenia (na zewnątrz i wewnątrz dachu) w górę dachu < 0,70 m
	zasięg zniszczenia (na zewnątrz i wewnątrz dachu) w dół dachu < 0,60 m
	maksymalny zasięg zniszczenia na skutek spalania (na zewnątrz i wewnątrz dachu) < 0,80 m
	brak palących się materiałów (kropeli lub odpadów stałych) spadających od strony eksponowanej
	boczny zasięg ognia nie osiąga krawędzi mierzonej strefy (pasa)
	boczny zasięg ognia nie osiąga krawędzi mierzonej strefy (pasa)
<b>Grupa b: penetracja ognia do wewnątrz budynku</b>	brak palących się lub żarzących się cząstek penetrujących konstrukcję dachu
	brak pojedynczych otworów przelotowych o powierzchni > 25 mm <sup>2</sup>
	suma powierzchni wszystkich otworów przelotowych < 4500 mm <sup>2</sup>
	brak wewnętrznego spalania w postaci żarzenia

TABELA 4 Warunki i kryteria techniczne dla przekryć klasy BROOF (t1)

### Wymagania w zakresie ochrony przed korozją

Wszystkie materiały metalowe wchodzące w skład elementów ścian osłonowych, takie jak:

- elementy prętowe w układach słupowo-ryglowych,
- elementy powierzchniowe (blachy trapezowe, kasetony itp.),
- łączniki

muszą być zabezpieczone przed korozją przez nałożenie odpowiednich powłok antykorozyjnych, dostosowanych do rodzaju używanych materiałów i przewidywanych warunków eksploatacji. Bardzo istotne jest wzajemne odizolowanie materiałów o różnym potencjale elektrycznym w celu zapobieżenia rozwoju galwanicznej korozji elektrochemicznej między poszczególnymi elementami.

### Wymagania w zakresie trwałości eksploatacyjnej

Trwałość **ściany osłonowej** to zdolność do zachowania wymaganych charakterystycznych właściwości oraz spełniania oczekiwanych funkcji pod wpływem przewidywanych oddziaływań w określonym czasie, czyli do końca przewidywanego okresu użytkowania.

Trwałość eksploatacyjna właściwości ściany osłonowej, zgodnie z normą PN-EN 13830:2015 [6] nie jest badana, lecz związana jest z osiągnięciem zgodności zastosowanych materiałów i ich wykończenia z najnowszym stanem wiedzy i techniki lub z europejskimi specyfikacjami technicznymi dotyczącymi materiałów wykończeniowych i ich zachowania się w warunkach użycia w obiektach budowlanych.

W celu zapewnienia odpowiedniej trwałości ściana osłonowa powinna być regularnie czyszczona i konserwowana. Lokalizacja i związane z tym lokalne warunki atmosferyczne i miejscowe zanieczyszczenia będą mieć znaczący wpływ na częstotliwość takiego czyszczenia i cykliczność przeglądów konserwacyjnych, których wymagają materiały i wykończenia związane z konstrukcją ściany osłonowej. Producent powinien wydać zalecenia odnośnie do wymagań w zakresie konserwacji.

W instrukcji opracowanej na bazie projektu ściany osłonowej powinny być podane zalecenia dotyczące:

- rutynowej (regularnej) konserwacji i czyszczenia,
- procedury wymiany uszkodzonych lub zużytych elementów składowych przegrody/wykończeń.

Norma PN-EN 13830:2015 [6] wprowadza pojęcia:

- trwałości przewodności cieplnej,
- trwałości wodoszczelności,



- trwałości przepuszczalności powietrza.

### Wymagania funkcjonalno-użytkowe

Ściana osłonowa powinna być wykonana z materiałów, które nie stanowią zagrożenia dla otoczenia (takich, które nie wydzielają żadnych szkodliwych gazów lub nieprzyjemnych zapachów). Ponadto powinna spełniać szereg wymagań funkcjonalno-użytkowych określonych szczegółowo w normie PN-EN 13830:2015 [6], takich jak:

- izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych (ang. *airborne sound insulation*),
- izolacyjność akustyczna ścian i stropów (ang. *flanking sound transmission*),
- przewodnictwo cieplne (ang. *thermal transmittance*),
- wodoszczelność (ang. *watertightness*),
- **przepuszczalność powietrza** (ang. *air permeability*),
- przepuszczalność pary wodnej (ang. *water vapour permeability*),
- promieniowanie energii świetlnej (ang. *radiation properties*),
- ekwipotencjalność (ang. *equipotentialization*).

### Izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych

Każda ściana zewnętrzna, bez względu na konstrukcję, musi charakteryzować się izolacyjnością akustyczną zapewniającą właściwy stopień ochrony budynku przed przenikaniem hałasu zewnętrznego. Aktualne wymagania akustyczne w stosunku do ścian zewnętrznych i wewnętrznych w obiektach użyteczności publicznej ujęte są w normie PN-B-02151-3:2015-10 [31].

Wymagania akustyczne wobec przegród zewnętrznych i wewnętrznych w obiektach przemysłowych i handlowo-usługowych są ustalane indywidualnie z uwzględnieniem [7]:

- kierunku transmisji dźwięku (ochrona obiektu przed przenikaniem dźwięków z zewnątrz i/lub ochrona środowiska przed przenikaniem dźwięków hałasu z obiektu do środowiska),
- dopuszczalnych poziomów hałasów (w zależności od potrzeb w obiekcie lub w jego otoczeniu),
- występujących poziomów hałasów (w zależności od potrzeb w obiekcie lub w jego otoczeniu).

Izolacyjność przegród zewnętrznych od dźwięków powietrznych należy określać za pomocą wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A,2}$ . W przypadku, gdy pomieszczenie ma jedną przegrodę zewnętrzną, to wartość tego wskaźnika oblicza się z zależności:

$$R'_{A,2} = L_{A,zew} - L_{A,wew} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) + 3$$

gdzie:

$L_{A,zew}$  – miarodajny poziom hałasu zewnętrznego przy danej przegrodzie zewnętrznej,

$L_{A,wew}$  – poziom odniesienia do obliczania izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej,

$A$  – chłonność akustyczna pomieszczenia w oktawowym paśmie o środkowej częstotliwości  $f = 500$  Hz, bez wyposażenia pomieszczenia i obecności użytkowników,

$S$  – pole rzutu powierzchni przegrody zewnętrznej na płaszczyznę fasady lub dachu widzianej od strony pomieszczenia,

przy czym:



$$A = 0,16 \cdot \frac{V}{T}$$

gdzie:

V – objętość pomieszczenia,

T – przewidywany czas pogłosu T w pomieszczeniu w oktawowym paśmie o środkowej częstotliwości  $f = 500$  Hz.

Zgodnie z normą PN-B 02151-3:2015 [31], poziom odniesienia  $L_{A,wew}$  jest to poziom dźwięku A w pomieszczeniu, wyrażony w decybelach, który przyjmuje się przy obliczaniu wymaganego wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A,2}$  przegrody zewnętrznej.

W przypadku, gdy pomieszczenie ma więcej niż jedną przegrodę zewnętrzną, izolacyjność akustyczną każdej z tych przegród należy wyznaczyć indywidualnie z przestrzeganiem warunku, aby obliczony wypadkowy poziom hałasu zewnętrznego przenikającego do pomieszczenia przez wszystkie przegrody zewnętrzne nie przekroczył poziomu odniesienia  $L_{A,wew}$ .

Wartość składnika  $10 \lg S/A$  należy przyjmować na podstawie danych w załączniku C normy PN-B 02151-3:2015 [31]. Izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej nie może być mniejsza niż  $R'_{A,2} = 30$  dB. Im wyższa wartość wskaźnika  $R'_{A,2}$ , tym lepsza dźwiękochłonność przegrody.

Rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne przegród zewnętrznych poza wymaganiami określonymi w normie PN-B 02151-3:2015 [31] powinny także uwzględniać wpływ tych przegród na stopień bocznego przenoszenia dźwięku według normy PN-EN 12354-1:2002 [32].

Jeżeli przy obliczaniu izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej uwzględnia się kształt fasady budynku, to należy go określić według normy PN-EN 12354-3:2003 [33].

Izolacyjność akustyczna od przenoszenia bocznego dźwięków

Jeżeli jest wymagane, to izolacyjność akustyczną przenoszenia bocznego dźwięków powietrznych i uderzeniowych (w kierunku poziomym i pionowym) należy określać zgodnie z normami PN-EN ISO 10848-1:2007 [34] i PN-EN ISO 10848-2:2007 [35]. Wyniki badań powinny być ocenione zgodnie z normą PN-EN ISO 717-1:2013-08 [36].

**Przewodnictwo cieplne**

Zagadnienia ochrony cieplnej są związane z ruchem ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku, powstającym w wyniku różnic temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego. Różnice temperatury wewnątrz i na zewnątrz budynków występują zarówno w lecie, jak i w zimie. Celem ochrony cieplnej jest:

- zapewnienie warunków komfortu cieplnego we wnętrzu,
- ograniczenie zapotrzebowania na energię grzewczą,
- obniżenie kosztów ogrzewania lub klimatyzacji,
- zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza,
- ochrona przegród budynku przed szkodami wywołanymi zawilgoceniem.

W lecie izolacja cieplna budynku ma uchronić wnętrze przed przegrzewaniem.



Wymagania ochrony cieplnej przegród zewnętrznych w budynkach w Polsce regulowane są treścią rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie **warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie** (wraz z późniejszymi zmianami) [21].

Zgodnie z wymaganiami tego rozporządzenia wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_C$  ścian, dachów, stropów i stropodachów wszystkich rodzajów budynków, uwzględniające poprawki ze względu na pustki powietrzne w warstwie izolacji, łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną oraz opady na dach o odwróconym układzie warstw, obliczone zgodnie z polskimi normami dotyczącymi obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła oraz przenoszenia ciepła przez grunt, nie mogą być większe niż wartości  $U_{C(max)}$ .

W **TAB. 5** przedstawiono wymagania w stosunku do przegród zewnętrznych nieprzeziernych, natomiast w **TAB. 6** - przeziernych.

Na uwagę zasługuje fakt zapisanego już w prawie postępującego krokowego zmniejszania wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród lokalizowanych w niektórych typach budynków lub wydzielonych w nich przestrzeniach o wyższych temperaturach użytkowych  $t_i$ .

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu		Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
		aktualne	przyszłe	
		od 2014 r.	od 2017 r.	od 2021 r.
Ściany zewnętrzne	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
	przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45	0,45	0,45
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90	0,90
Ściany wewnętrzne	przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00	1,00
	przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
	oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30	0,30
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
	przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70	0,70
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25	0,25
	przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00	1,00

TABELA 5. Wybrane wymagania prawne dotyczące izolacyjności przegród budowlanych nieprzeziernych [21]

Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne		Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
		aktualne	przyszłe	
		od 2014 r.	od 2017 r.	od 2021 r.
Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,3	1,1	0,9
	przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,8	1,8	1,8
Okna połaciowe	przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,5	1,3	1,1
	przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,8	1,6	1,4

TABELA 6. Wybrane wymagania prawne dotyczące izolacyjności przegród budowlanych przeziernych [21]



Dopuszcza się w przypadku budynku produkcyjnego, magazynowego i gospodarczego większe wartości współczynnika  $U$  niż  $U_{C(max)}$  oraz  $U_{(max)}$  określone w rozporządzeniu, jeżeli uzasadnia to rachunek efektywności ekonomicznej inwestycji, obejmujący koszty budowy i eksploatacji budynku.

W budynku mieszkalnym i zamieszkania zbiorowego pole powierzchni  $A_0$ , wyrażone w  $m^2$ , okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o wartości współczynnika przenikania ciepła nie mniejszej niż  $0,9 \text{ W}/(m^2K)$ , obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość  $A_{0max}$  obliczona według wzoru:

$$A_{0max} = 0,15A_z + 0,03A_w$$

gdzie:

$A_z$  – suma pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

$A_w$  – suma pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu  $A_z$ .

W budynku użyteczności publicznej pole powierzchni  $A_0$ , wyrażone w  $m^2$ , okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o wartości współczynnika przenikania ciepła nie mniejszej niż  $0,9 \text{ W}/(m^2K)$ , obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość  $A_{0max}$ , jeżeli nie jest to sprzeczne z warunkami dotyczącymi zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym, określonymi w § 57 rozporządzenia MI [21].

W budynku produkcyjnym, magazynowym i gospodarczym łączne pole powierzchni okien oraz ścian szklanych w stosunku do powierzchni całej elewacji nie może być większe niż:

- 15% – w budynku jednokondygnacyjnym (halowym);
- 30% – w budynku wielokondygnacyjnym.

**Ściany osłonowe** najczęściej składają się z wielu różnych materiałów połączonych ze sobą w różny sposób. Złożona konstrukcja przegrody zwiększa prawdopodobieństwo powstawania mostków cieplnych przez powłokę ściany osłonowej. W normie PN-EN ISO 12631:2013-03 [37] określono metodę obliczania współczynnika przenikania ciepła  $U_{cw}$  ścian osłonowych składających się z paneli oszklonych i/lub nieprzezroczystych włożonych w ramy lub połączonych z nimi. Obliczenia obejmują:

- różne typy oszklenia, np. szkło lub tworzywa sztuczne, oszklenie pojedyncze lub wielokrotne, z powłoką o niskiej emisyjności lub bez niej, ze szczelinami wypełnionymi powietrzem lub innymi gazami,
- ramy (z wszelkich materiałów) z mostkami cieplnymi lub bez nich,
- różne typy okładzin paneli nieprzezroczystych zawierające metal, szkło, ceramikę lub różne inne materiały.

Należy podkreślić, że w normie tej nie uwzględniono obliczeń dotyczących:

- efektów promieniowania cieplnego,
- przenoszenia ciepła spowodowanego wypływaniem powietrza,
- obliczenia kondensacji,
- efektu żaluzji,
- dodatkowego przenoszenia ciepła na narożach i krawędziach ściany osłonowej,
- połączeń ze strukturą główną,
- systemów ścian osłonowych z ogrzewaniem integralnym.

W normie PN-EN ISO 12631:2013-03 [37] podano dwie metody obliczania współczynnika przenikania ciepła:

- zbiorczą metodę oceny,



- składnikową metodę oceny.

Metoda zbiorcza opiera się na szczegółowych obliczeniach komputerowych przenoszenia ciepła przez kompletną konstrukcję zawierającą słupki okienne, naświetla drzwiowe i elementy wypełniające (tzn. element szklący, panel nieprzezroczysty).

Wielkość strumienia ciepła (między dwiema liniami adiabatycznymi) oblicza się przez modelowanie każdego połączenia cieplnego między dwoma elementami wypełniającymi (panel nieprzezroczysty i/lub element szklący) z zastosowaniem dwuwymiarowego lub trójwymiarowego programu analizy elementu skończonego.

Całkowitą wartość  $U$  fasady można obliczyć za pomocą ważonych powierzchniowo wartości  $U$  połączeń cieplnych i elementów wypełniających. Metodę tę można stosować do każdego systemu ścian osłonowych.

Składnikowa metoda oceny dzieli natomiast element reprezentatywny na pola powierzchni o różnych właściwościach cieplnych, np. elementy szklące, **panele** nieprzezroczyste i ramy.

Całkowitą wartość  $U$  fasady można obliczać za pomocą ważonych powierzchniowo wartości  $U$  tych elementów z dodatkowymi czynnikami korekcyjnymi opisującymi wzajemne oddziaływania cieplne między tymi elementami. Metodę tę można stosować do systemów osłonowych, takich jak systemy połączone w całość.

Metoda ta nie dotyczy strukturalnego oszklenia silikonowego, ekranów deszczowych i oszklenia strukturalnego [37].

W składnikowej metodzie oceny współczynnik przenikania ciepła pojedynczego elementu ściany osłonowej  $U_{cw}$  należy obliczać zgodnie z równaniem:

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t}{A_{cw}} + \frac{\sum l_{f,g} \Psi_{f,g} + \sum l_{m,g} \Psi_{m,g} + \sum l_{t,g} \Psi_{t,g} + \sum l_p \Psi_p + \sum l_{m,f} \Psi_{m,f} + \sum l_{t,f} \Psi_{t,f}}{A_{cw}}$$

gdzie:

$U_g, U_p$  – współczynniki przenikania ciepła **oszklenia** (*glass*) i paneli (*panel*),  
 $U_f, U_m, U_t$  – współczynniki przenikania ciepła ram (*frames*), słupków okiennych (*mullions*) i rygli (*transoms*),

$Y_{f,g}, Y_{m,g}, Y_{t,g}, Y_p$  – liniowe współczynniki przenikania ciepła spowodowane połączonymi efektami cieplnymi elementu szklącego (*glass*) i ramy (*frame*) lub słupka okiennego (*mullion*) lub rygla (*transom*) lub samego panelu (*panel*),

$Y_{m,f}, Y_{t,f}$  – liniowe współczynniki przenikania ciepła spowodowane połączonymi efektami cieplnymi rama - słupek okienny lub rama - rygiel.

Pole powierzchni ściany osłonowej należy obliczać zgodnie z równaniem:

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_m + A_t$$

gdzie:

$A_{cw}$	– całkowite	pole powierzchni	ściany osłonowej,
$A_g$	– całkowite	pole powierzchni	oszklenia,
$A_p$	– całkowite	pole powierzchni	paneli,
$A_f$	– całkowite	pole powierzchni	ram,



$A_m$  – całkowite pole powierzchni słupków okiennych,  
 $A_t$  – całkowite pole powierzchni rygli okiennych.

Opór cieplny oraz współczynnik przenikania ciepła przegród pełnych (płyty warstwowe) oblicza się obecnie według normy PN-EN ISO 6946:2008 [38].

Przedstawiona metoda obliczania oporu cieplnego oraz przenikania ciepła dotyczy komponentów i elementów składających się z warstw jednorodnych cieplnie, tzn. warstw o stałej grubości i o właściwościach, które można uznać za jednorodne. Metoda ta polega na:

- określeniu oporu cieplnego dla każdej jednorodnej cieplnie części komponentu,
- zsumowaniu tych poszczególnych oporów tak, aby uzyskać całkowity opór cieplny komponentu, łącznie (w miarę potrzeby) z oporami przyjmowania ciepła na powierzchni,
- obliczeniu współczynnika przenikania ciepła jako odwrotności całkowitego oporu cieplnego.

Opór cieplny warstwy jednorodnej oblicza się z zależności:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

gdzie:

$d$  – grubość warstwy materiału w komponentcie,

$\lambda$  – obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła materiału obliczony albo zgodnie z normą PN-EN ISO 10456:2009 [39], albo określony na podstawie normowych wartości tabelarycznych.

Całkowity opór cieplny  $R_T$  płaskiego komponentu budowlanego składającego się z warstw jednorodnych cieplnie i prostopadłych do strumienia ciepła należy obliczyć z równania:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

gdzie:

$R_{si}$  – opór przyjmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni,

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – obliczeniowe opory cieplne każdej warstwy,

$R_{se}$  – opór przyjmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni.

Norma PN-EN ISO 6946:2008 [38] podaje również sposób wyznaczenia wartości całkowitego oporu cieplnego  $R_T$  płaskiego komponentu budowlanego składającego się z warstw cieplnie jednorodnych i niejednorodnych, równoległych do powierzchni. Jeśli zna się całkowity opór cieplny, wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  można wyznaczyć z zależności:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Na koniec obliczeń należy, w miarę potrzeby, uwzględnić poprawki dotyczące współczynnika przenikania ciepła  $U$ , zgodnie z załącznikiem D normy, uwzględniające:

- pustki powietrzne w izolacji,



- łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną,
- straty ciepła w stropodachach odwróconych, spowodowane wodą deszczową wpływającą przez złącza izolacji i dochodzącą do membrany wodochronnej.

Wymagania odnośnie trwałości przewodności cieplnej szyb określone są w normie PN-EN 13830:2015 [6] w pkt. 4.19.3 i 5.18.3. Trwałość niskoemisyjnego pokrycia szyb jest definiowana jako odporność na:

- działanie czynników chemicznych w powietrzu (oceniana według normy PN-EN 1096-2:2012 [40]),
- degradację pod wpływem promieniowania UV (oceniana według normy PN-EN 1096-3:2012 [41]).

Z kolei trwałość **szyb zespolonych** (ang. Insulated Glass Unit) jest definiowana jako:

- odporność na penetrację wody (oceniana według normy PN-EN 1279-2:2012 [42]),
- szybkość ubytku gazu w szybach zespolonych (oceniana według normy PN-EN 1279-3:2004 [43]),
- utrzymanie wytrzymałości uszczelnień obrzeży (oceniana według normy PN-EN 1096-4:2006 [44]).

#### Wodoszczelność

Jest to zdolność ściany osłonowej do zachowania szczelności na przenikanie wody.

Badania wodoszczelności należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN 12155:2004 [45], a wyniki przedstawić zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12154:2004 [46], w której podano klasyfikację wodoszczelności (**TAB. 7**).

Badanie wodoszczelności polega na natrykiwaniu stałego, nieprzerwanego strumienia wody na zewnętrzną powierzchnię licową odpowiednio przygotowanej próbki, przy rosnących skokach dodatnich statycznych ciśnień próbnych przykładanych w określonych odstępach czasu.

Próbki przepuszczające wodę przy ciśnieniu poniżej 150 Pa nie mogą być klasyfikowane. Próbki nieprzepuszczające wody przy ciśnieniu powyżej 600 Pa są klasyfikowane jako E (wyjątkowe). Dla klasy RE xxx zaleca się, aby przyjęto wyjątkowe ciśnienie próbne jako najniższą wartość 0,25 obliczeniowego ciśnienia wiatru, jeżeli obliczona wartość ciśnienia wiatru wynosi powyżej 2400 Pa.

Wielkość/miara	Klasyfikacja/miara				
<b>Klasa wodoszczelności</b>	R4	R5	R6	R7	RE xxx
<b>Wartość maksymalnego ciśnienia próbnego <math>P_{max}</math> [Pa]</b>	150	300	450	600	> 600

TABELA 7. Klasyfikacja wodoszczelności według normy PN-EN 12154:2004 [46]

Norma PN-EN 13830:2015 [6] w pkt. 4.19.2 i 5.18.2 odnosi się bardzo szczegółowo do zagadnienia trwałości wodoszczelności.

Trwałość wszelkiego rodzaju uszczelek i uszczelnień, określana jako zdolność do odzyskiwania ich początkowej wysokości (po usunięciu obciążenia) w maksymalnej temperaturze eksploatacji, powinna stanowić długotrwałą właściwość materiałów, z których są wykonane.

Trwałość uszczelek należy badać zgodnie z normą PN-EN 12365-4:2006 [47], a wyniki badań przedstawiać zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12365-1:2006 [48], natomiast trwałość mas uszczelniających (kitów)





należy określać bez starzenia i po starzeniu, zgodnie z odpowiednimi normami określonymi w normach PN-EN 12365-1:2006 [49] i PN-EN 12365-2:2006 [50].

Przepuszczalność powietrza

Pojęcie "przepuszczalność powietrza" (ang. air permeability) oznacza przenikanie powietrza przez konstrukcję ściany osłonowej na skutek różnicy ciśnień po obu stronach przegrody.

Wielkość/miara	Klasyfikacja/miara				
<b>Klasa przepuszczalności</b>	A1	A2	A3	A4	A5
<b>Wartość maksymalnego ciśnienia próbnego</b> <b>P<sub>max</sub> (Pa)</b>	150	300	450	600	> 600
<b>Przepuszczalność powietrza</b> <b>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>×h</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

TABELA 8. Klasy przepuszczalności powietrza w odniesieniu do powierzchni całkowitej według normy PN-EN 12152:2004 [52]

Przepuszczalność określa się za pomocą tzw. współczynnika przepuszczalności powietrza  $a$ , który podaje ilość powietrza w m<sup>3</sup> przenikającego przez przegrodę w czasie 1 godz. (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>×h). Współczynnik ten odnosi się do całej powierzchni ściany osłonowej.

Badania przepuszczalności należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN 12153:2004 [51], a wyniki przedstawić zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12152:2004 [52] ( **TAB. 8** ), w której podano klasy przepuszczalności powietrza w odniesieniu do powierzchni całkowitej ( $a < 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$ ) i w odniesieniu do długości szczelin stałych ( $a < 0,5 \text{ m}^3/\text{m} \times \text{h}$ ).

Wymagania odnośnie trwałości przepuszczalności powietrza określone są w normie PN-EN 13830:2015 [6] w pkt. 4.19.4 i 5.18.4. Są one sprawdzane zgodnie z tymi samymi normami co trwałość z uwagi na wodoszczelność (pkt. 3.6.4).

### Przepuszczalność pary wodnej

Przepuszczalność pary wodnej to zjawisko dyfuzji (ruchu) cząsteczek pary wodnej przez przegrody zmierzające do wyrównania stężenia pary po obu stronach przegrody. Proces dyfuzji pary wodnej przez przegrodę budowlaną zależy od różnicy temperatury i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu i na zewnątrz.

Opór dyfuzyjny przegrody jest miarą odporności przegrody na przenikanie pary wodnej. Jest tym większy, im grubsze są poszczególne warstwy przegrody, a tym mniejszy, im materiały są bardziej paroprzepuszczalne. Dyfuzyjność pary wodnej określa współczynnik przepuszczalności pary wodnej  $\delta$ :

$$\delta = \frac{m \cdot d}{F \cdot t \cdot \Delta p}$$

gdzie:

$\delta$  – współczynnik przepuszczalności pary wodnej [g/m×h×Pa],  
 $m$  – masa pary wodnej [g] przenikająca przez przegrodę w czasie  $t$ ,



$d$  – grubość przegrody lub warstwy materiału [m],  
 $F$  – powierzchnia przegrody [m<sup>2</sup>],  
 $t$  – czas [h] przenikania pary wodnej przez przegrodę,  
 $\Delta p$  – różnica ciśnień [Pa] pary wodnej po obu stronach przegrody.

Zastosowane izolacje paroszczelne muszą być dostosowane do warunków hydrotermicznych budynku.

### **Promieniowanie energii świetlnej**

Określenie całkowitego przenikania promieniowania słonecznego oraz przenikania światła przez przezroczyste lub półprzezroczyste szkło powinno być dokonane zgodnie z normą PN-EN 410:2011 [53], a jeśli jest to potrzebne, według normy PN-EN 13363-1+A1:2010 [54] lub PN-EN 13363-2:2006 [55] odnośnie konieczności stosowania urządzenia ochrony przeciwsłonecznej połączone z oszkleniem stosowanych na elewacjach budynków.

### **Ekwipotencjalność**

Pojęcie "ekwipotencjalność" oznacza o tym samym/równym potencjale elektrycznym. Ściana osłonowa powinna być tak zaprojektowana, aby metalowe elementy szkieletu ściany były połączone w sposób przewodzący prąd, tj. aby wszystkie elementy pionowe i poziome szkieletu oraz elementy wypełniające z okładzinami metalowymi uzyskały połączenia ekwipotencjalne, które z kolei powinny być połączone z najbliższym obwodem uziemiającym budynku.

Wymaganie uziemienia dotyczy wszystkich ścian osłonowych o konstrukcji metalowej, zainstalowanych w budynku o wysokości powyżej 25 m. Oporność elektryczna ściany osłonowej nie powinna przekraczać 10  $\Omega$  przy badaniu zgodnie z załącznikiem A normy PN-EN 13830:2015 [6].

Przy wykonywaniu połączeń ekwipotencjalnych należy zachować ostrożność w celu uniknięcia korozji kontaktowej, która mogłaby osłabić ich efektywność.

### **Literatura**

1. P. Lewandowski, "Wpływ warunków podparcia na stany graniczne stalowych kasetonów elewacyjnych", Politechnika Gdańska, Gdańsk 2013.
2. M. Cwyl, "Podstawowe wymagania normowe współczesnych ścian metalowo-szklanych", "Inżynieria i Budownictwo", nr 6/2013, s. 305–307.
3. PN-EN ISO 13788:2013-05, "Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania".
4. Dyrektywa Rady z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych Państw Członkowskich odnoszących się do wyrobów budowlanych 89/106/EWG (CPD) (Dz. Urz. WE L 40/12 z 11.2.1989).
5. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzenia do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. Urz. UE L88 z 4.4.2011 PL s. 5).
6. PN-EN 13830:2015-06, "Ściany osłonowe. Norma wyrobu".
7. O. Korycki, K. Mateja, "Zasady oceny lekkich ścian osłonowych" w: „Naprawy i wzmocnienia konstrukcji metalowych, lekkiej obudowy i posadzek przemysłowych”, XV Ogólnopolska Konferencja Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń 23–26 lutego 2000 r., t. 3, 2000, s. 93–143.



8. PN-EN 1991-1-4:2008, "Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru".
9. PN-EN 1991-1-4:2008/NA:2010, "Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru".
10. PN-EN 12179:2004, "Ściany osłonowe. Odporność na obciążenie wiatrem. Metoda badania".
11. PN-EN 1991-1-3:2005, "Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem".
12. PN-EN 1991-1-3:2005/A1:2015-10, "Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem".
13. PN-EN 1991-1-3:2005/NA:2010, "Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem".
14. PN-EN 14019:2006, "Ściany osłonowe. Odporność na uderzenia. Wymagania eksploatacyjne".
15. PN-EN 12600:2004, "Szkło w budownictwie. Badanie wahadłem. Udarowa metoda badania i klasyfikacja szkła płaskiego".
16. PN-EN 13049:2004, "Okna. Uderzenie ciałem miękkim i ciężkim. Metoda badania, wymagania dotyczące bezpieczeństwa i klasyfikacja".
17. PN-EN 1991-1-1:2004, "Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach".
18. PN-EN 1998-1:2005, "Eurokod 8: Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym. Część 1: Reguły ogólne, oddziaływania sejsmiczne i reguły dla budynków".
19. PN-EN 1998-1:2005/A1:2014-01, "Eurokod 8: Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym. Część 1: Reguły ogólne, oddziaływania sejsmiczne i reguły dla budynków".
20. PN-EN 13501-2+A1:2010, "Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej".
21. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2002 nr 75 poz. 690 ze zm.).
22. O. Korycki, K. Mateja, "Lekkie ściany osłonowe i przekrycia dachowe – przegląd rozwiązań stosowanych w Polsce do 1990 r. w: „Naprawy i wzmocnienia konstrukcji metalowych, lekkiej obudowy i posadzek przemysłowych", XV Ogólnopolska Konferencja Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń 23–26 lutego 2000 r., t. 3, 2000, s. 47–92.
23. PN-EN 13501-1+A1:2010, "Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień".
24. PN-EN 1364-4:2014-04, "Badania odporności ogniowej elementów nienośnych. Część 4: Ściany osłonowe. Częściowa konfiguracja".
25. PN-B-02867:2013-06, "Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany zewnętrzne od strony zewnętrznej oraz zasady klasyfikacji".
26. PN-B-02867:1990, "Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany".



27. PN-B-02867:1990/Az1:2001, "Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany".
28. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 marca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2009, poz. 461).
29. PN-B-02862:1993, "Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania niepalności materiałów budowlanych" (norma wycofana).
30. PN-ENV 1187:2004, "Metody badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy".
31. PN-B-02151-3:2015-10, "Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych".
32. PN-EN 12354-1:2002, "Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami".
33. PN-EN 12354-3:2003, "Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 3: Izolacyjność od dźwięków powietrznych przenikających z zewnątrz".
34. PN-EN ISO 10848-1:2007, "Akustyka. Pomiary laboratoryjne przenoszenia bocznego dźwięków powietrznych i uderzeniowych pomiędzy przylegającymi komorami. Część 1: Dokument ramowy".
35. PN-EN ISO 10848-2:2007, "Akustyka. Pomiary laboratoryjne przenoszenia bocznego dźwięków powietrznych i uderzeniowych pomiędzy przylegającymi komorami. Część 2: Dotyczy lekkich elementów w przypadku małego wpływu złącza".
36. PN-EN ISO 717-1:2013-08, "Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych".
37. PN-EN ISO 12631:2013-03, "Ciepłone właściwości użytkowe ścian osłonowych. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła".
38. PN-EN ISO 6946:2008, "Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania".
39. PN-EN ISO 10456:2009, "Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabełaryczne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych".
40. PN-EN 1096-2:2012, "Szkło w budownictwie. Szkło powlekane. Część 2: Wymagania i metody badania powłok kategorii A, B i S".
41. PN-EN 1096-3:2012, "Szkło w budownictwie. Szkło powlekane. Część 3: Wymagania i metody badania powłok kategorii C i D".
42. PN-EN 1279-2:2004, "Szkło w budownictwie. Szyby zespolone izolacyjne. Część 2: Długotrwała metoda badania i wymagania".
43. PN-EN 1279-3:2004, "Szkło w budownictwie. Szyby zespolone izolacyjne. Część 3: Długotrwała metoda badania i wymagania dotyczące szybkości ubytku gazu oraz tolerancje koncentracji gazu".
44. PN-EN 1096-4:2006, "Szkło w budownictwie. Szkło powlekane. Część 4: Ocena zgodności wyrobu z normą".
45. PN-EN 12155:2004-12, "Ściany osłonowe. Wodoszczelność. Badania laboratoryjne pod ciśnieniem statycznym".



46. PN-EN 12154:2004, "Ściany osłonowe. Wodoszczelność. Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja".
47. PN-EN 12365-4:2006, "Okucia budowlane. Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych. Część 4: Metoda badania powrotu podkształceniowego po przyspieszonym starzeniu".
48. PN-EN 12365-1:2006, "Okucia budowlane. Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych. Część 1: Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja".
49. PN-EN 12365-1:2006, "Okucia budowlane. Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych. Część 1: Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja".
50. PN-EN 12365-2:2006, "Okucia budowlane. Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych. Część 2: Metoda badania liniowej siły ściskającej".
51. PN-EN 12153:2004, "Ściany osłonowe. Przepuszczalność powietrza. Metoda badania".
52. PN-EN 12152:2004, "Ściany osłonowe. Przepuszczalność powietrza. Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja".
53. PN-EN 410:2011, "Szkło w budownictwie. Określanie świetlnych i słonecznych właściwości oszklenia".
54. PN-EN 13363-1+A1:2010, "Urządzenia ochrony przeciwsłonecznej połączone z oszkleniem. Obliczanie współczynnika przenikania promieniowania słonecznego i światła. Część 1: Metoda uproszczona".
55. PN-EN 13363-2:2006, "Urządzenia ochrony przeciwsłonecznej powiązane z oszkleniem. Obliczanie współczynnika przenikania całkowitej energii promieniowania słonecznego i światła. Część 2: Szczegółowa metoda obliczania".