


ABC IZOLACJI ZE STYROPIANU

Stowarzyszenie Producentów Styropianu

ul. Chemików 1

32-600 Oświęcim

tel./fax 033/847 27 14



	str.
1. Styropian - materiał, już od prawie 40 lat sprawdzający się w praktyce . . .	5
2. Łatwość obrabiania	6
3. Odporność chemiczna	7
4. Właściwości fizyczne	
Część 1	8
Część 2	10
5. Fizyka budowli	12
5.1. Ochrona cieplna	13
5.2. Ochrona przed wilgocią	26
5.3. Ochrona akustyczna	31
6. Przyczyny i sposoby izolacji	33
7. Izolacja stropów i podłóg	35
7.1. Podłoga na gruncie	36
7.2. Izolacja akustyczna stropów i podłóg	39
7.3. Strop ostatniej kondygnacji	46
8. Zewnętrzne izolowanie ścian - metoda lekka mokra	48
9. Ściany szczelinowe	58
10. Styropianowe pustaki izolacyjno-szalunkowe	62
11. Docieplanie ścian budynków metodą lekką suchą	64
12. Mostki termiczne w przegrodach budowlanych	66
13. Izolowanie nachylonych połaci dachowych i stropodachu poddasza użytkowego	69
13.1. Izolacja ponad krokwiami	71
13.2. Izolacja pomiędzy krokwiami	72
13.3. Izolacja pod krokwiami	76
14. Izolacja termiczna dachów płaskich	78
14.1. Dach nachylony	86
14.2. Lekki dach przemysłowy	87
14.3. Stropodach odwrócony	88
15. Drenaż	92
16. Styropian - wszechstronny materiał izolacyjny	96
17. Styropian - materiał izolacyjny przyjazny dla środowiska	97
18. Przepisy przeciwpożarowe związane z docieplaniem budynków od zewnątrz	99
19. Ustawa o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych	102
20. Sposoby oznaczania styropianu	104
21. Członkowie Stowarzyszenia Producentów Styropianu	105

1. Styropian

material, już od prawie 40 lat sprawdzający się w praktyce

Styropian to potoczna nazwa materiału uzyskiwanego przez spienianie granulek polistyrenu. Proces ten nazywa się również ekspandowaniem i stąd też skrótowe oznaczenie styropianu wg Polskiej Normy to symbol: PS-E, tj. PoliStyren Ekspandowany.

Płyty izolacyjne ze styropianu charakteryzują się bardzo niskim współczynnikiem przewodności cieplnej, dzięki temu, że głównym ich składnikiem jest... powietrze zamknięte w porach tego materiału.

W budownictwie nie ma właściwie innego materiału izolacyjnego, który byłby częściej spotykany aniżeli styropian, w znanej wszystkim postaci łatwych do zastosowania „białych płyt”.

Producenci styropianu, zrzeszeni w Stowarzyszeniu Producentów Styropianu, dostarczają na polski rynek budowlany wyłącznie materiały, które spełniają surowe wymagania jakościowe polskiej normy PN-B-20130:1999

Technologia wytwarzania z polistyrenu, jako materiału wyjściowego, izolacyjnych płyt styropianowych została wynaleziona przez niemiecką firmę BASF.

Bardzo mała gęstość objętościowa styropianu wynika ze struktury komórkowej tego materiału. W jednym metrze sześciennym znajduje się 3-6 miliardów zamkniętych komórek. Są

one wypełnione nieruchomym powietrzem, jednym z najlepszych znanych nam naturalnych materiałów izolacyjnych.

W ciągu ostatniego dziesięciolecia stało się powszechnie wiadome, iż rodzina związków chemicznych znana pod nazwą chlorofluoropochodnych wywiera szkodliwy wpływ na ozonową warstwę ochronną Ziemi. W przypadku styropianu nie używa się tych związków na żadnym etapie produkcji czy stosowania. Czynnikiem spieniającym jest pentan, węglowodór prosty, który nie zawiera atomów chloru, szybko rozkłada się na niskich wysokościach. Ten porotwórczy (spieniający) środek jest następnie zastępowany przez powietrze podczas kolejnych etapów procesu produkcyjnego. Styropian w żaden sposób nie szkodzi zdrowiu ani środowisku naturalnemu.

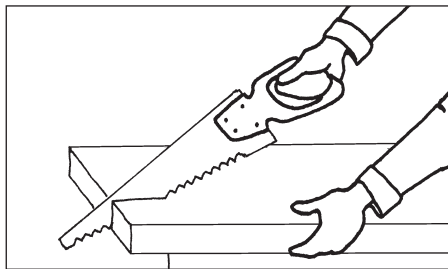
2. Łatwość obrabiania

Jedną z wielkich zalet styropianu jest łatwość, niemająca żadnego wpływu na zdrowie, a nawet przyjemna, obróbka tego materiału. Kontakt z nim nie powoduje oparzeń rąk czy podrażnień skóry i błon śluzowych oraz nie wywołuje innych szkodliwych dla zdrowia skutków. Przy pracy ze styropianem nie są wymagane żadne specjalne środki ochrony typu rękawice, maski przeciwpyłowe, ubrania ochronne, okulary ochronne, itp.

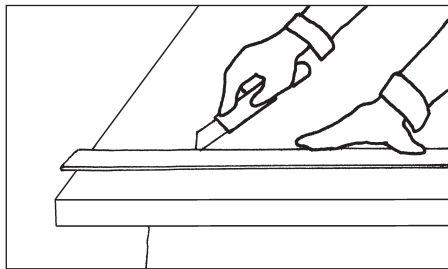
Układanie płyt styropianowych jest lekką pracą ze względu na ich małą gęstość objęściową ($12\text{--}40\text{ kg/m}^3$).

Do dokładnego przycinania i pasowania materiału wystarczają w zupełności zwykłe narzędzia, które można znaleźć w każdym domu.

Płyty styropianowe można łatwo przecinać przy użyciu ręcznej piłki o drobnych zębach (płatnicy).

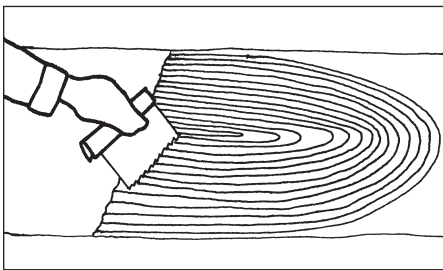


Przy użyciu noża można dokładnie przyciąć styropian do dowolnego kształtu.

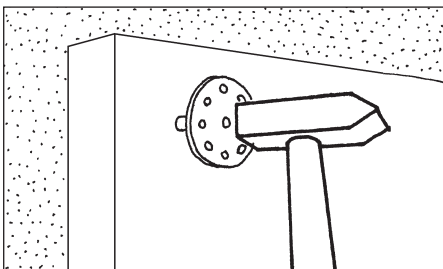


Aby przykleić płytę styropianową na istniejącym murze lub innym podłożu, nanosi się na jej powierzchnię przy użyciu szpachli grzebieniowej masę klejącą (sposób postępowania przy ocieplaniu ścian budynków istniejących i nowych jest dokładnie przedstawiony w rozdziale 8).

Klejenie styropianu do szkła, metalu itp., wymaga zastosowania odpowiednio dobranej masy klejącej.



Na słabym podłożu murowym lub betonowym można dodatkowo mocować płyty materiału izolującego do głębszych warstw ściany przy użyciu specjalnych kotków kotwiących z dużą tarczą dociskającą, czyli tzw. grzybków.



3. Odporność chemiczna

Styropian nie reaguje chemicznie z żadnym stałym materiałem budowlanym, jaki można spotkać na placu budowy. Nie jest natomiast odporny na działanie rozpuszczalników organicznych takich jak: aceton, benzol, nitro, itp. Istnieje natomiast duża grupa klej, środków ochrony drewna czy farb, które są przeznaczone specjalnie do współpracy ze styropianem.

Styropian jest przyjazny dla środowiska: nie zawiera żadnych substancji szkodliwych dla zdrowia, został nawet dopuszczony jako materiał na opakowania żywności.

Styropian jest również odporny na starzenie. Nie gnieje w wilgotnym środowisku, zachowuje swoje właściwości fizyczne, kształt i wymiary.

Styropian nie chłonie wilgoci. Jest on w związku z tym używany nawet do produkowania pływaków i innych elementów stale zanurzonych w wodzie. Specjalnie wytwarzane płyty są stosowane do drenowania ścian piwnic lub ogrodów na dachach.

- + Odporny, materiał nie zostanie zniszczony nawet przy długotrwałym oddziaływaniu.
- +/- Warunkowo odporny, podczas długotrwałego oddziaływania materiał może kurczyć się lub ulegnie powierzchniowemu osłabieniu.
- Nieodporny, materiał jest wolniej lub szybciej rozpuszczany albo kurczy się.

Działająca substancja Odporność

woda, woda morska, roztwory soli	+
zwykle materiały budowlane, jak wapno, cement, gips, anhydryt	+
„alkalia”, jak ług sodowy, potasowy, amoniak, woda wapienna, gnojówka	+
mydło, środki zwilżające	+
kwas solny 35%	+
kwas azotowy do 50%	+
kwas siarkowy do 95%	+
kwasy rozcieńczone i słabe, jak kwas mlekowy, węglowy, humusowy	+
sole, nawozy	+
bitumy	+
bitumy na zimno i bitumiczne masy szpachlowe z rozpuszczalnikami	-
produkty smołowe	-
mleko	+
olej jadalny	+/-
olej parafinowy, wazelina, olej napędowy	+/-
alkohol etylowy i metylowy	+
rozpuszczalniki, jak aceton, eter, octan etylu, nitro, benzen, ksylol, rozpuszczalniki lakowe, trójchloroetylen, czterochlorometan, terpentyna	-
nasycone węglowodory alifatyczne, np. cykloheksan, benzyna apteczna, benzyna lakowa	-
paliwa gaźnikowe (normal i super)	-

4. Właściwości fizyczne

EPS 50 – 042	EPS 70 – 040 FASADA	EPS 80 – 036 FASADA	EPS 80 – 040 PLYTY WARSTWOWE Z OKŁADZINAMI METALOWYMI	EPS 100 – 038 DACH / PODŁOGA	EPS 100 – 038 PLYTY WARSTWOWE Z OKŁADZINAMI Z PAPY - DACHY	EPS 200 – 036 DACH / PODŁOGA / PARKING	EPS 250 – 036 PODŁOGA / PARKING
0,042	0,040	0,036	0,040	0,038		0,036	
50	70	80		100		200	250
-							
75	115	125		150		250	350
-	100			150		-	
-							
± 0,5	± 0,2		± 0,2	± 0,5	± 0,2	± 0,5	
3	2		1	2	1	2	
-				5	-	5	
± 2 mm	± 1 mm		-*	± 2 mm	± 1 mm	± 2 mm	
± 0,6 % lub ± 3 mm**	± 2 mm		± 0,6 % lub ± 3 mm**				
5							
15	10	5		10	5	10	
E							
-							
-							
-							
-							
12,0 _{-10 %} ***	15,0 _{-10 %} ***	18,0 _{-10 %} ***	15,0 _{-10 %} ***	20,0 _{-10 %} ***		30,0 _{-10 %} ***	40,0 _{-10 %} ***

* Tolerancje grubości określają specyfikacje techniczne na płyty warstwowe z okładzinami metalowymi

** Ta wartość, która liczbowo daje większą tolerancję

*** Wartość poza wymaganiami, podana informacyjnie

Porównanie wymagań dla wyrobów EPS wg projektu prPN-B-20132
 i odmian (PS - E) FS wg nieaktualnej normy PN-B-20130:1999

EPS T – 24 dB PODŁOGA ŁYWAJĄCA	EPS T – 30 dB PODŁOGA PŁYWAJĄCA	WYMAGANIE	FS 12	FS 15	FS 20	FS 30	FS 40
0,045		Współczynnik przewodzenia ciepła w 10 ⁰ C, W/(m· K), nie więcej niż	0,042	0,040	0,038	0,036	
-		Naprężenia ściskające przy 10 % odkształceniu względnym, kPa, nie mniej niż	60	80	100	200	250
2	3	Ściśliwość, mm, nie więcej niż	-				
50		Wytrzymałość na zginanie, kPa, nie mniej niż	-				
-		Wytrzymałość na rozciąganie, kPa, nie mniej niż	80	100	150	200	-
		Wytrzymałość na ścinanie, kPa, nie mniej niż	-	80	100	-	
± 0,5		Stabilność wymiarów w stałych, normalnych warunkach laboratoryjnych (23 ⁰ C, 50 % wilg. wzgl.) przez 28 dni, %, nie więcej niż	-				
-		Stabilność wymiarów w 70 ⁰ C przez 48 h, %, nie więcej niż	1				
-		Odkształcenia pod obciążeniem 20 kPa, w 80 ⁰ C, przez 48 h, %, nie więcej niż	-				
+ 15 / - 5 % lub + 3 / - 1 mm**		Tolerancja grubości, nie więcej niż	± 0,5 mm przy grubości 10 – 15 mm, ± 1,0 mm przy grubości 20 – 100 mm, ± 1,5 mm przy grubości 105 – 1000 mm				
		Tolerancja długości i szerokości, nie więcej niż	± 0,3 %				
		Tolerancja prostokątności, mm/1000 mm, nie więcej niż	-				
-		Tolerancja płaskości, mm, nie więcej niż	-				
		Klasa reakcji na ogień	-				
20	15	Sztynność dynamiczna, MN/m ³ , nie więcej niż	-				
		Zdolność samogaśnięcia	Samogasnące				
		Wygląd zewnętrzny	Barwa spienionego polistyrenu, dopuszczalna głębokość wgniotów i uszkodzeń do 10 % grubości, lecz nie więcej niż 5 mm, łączna powierzchnia wad do 50 cm ² / 1 m ² , największa wada do 10 cm ² powierzchni				
		Spoistość	Powierzchnia przeciętych próbek gładka, bez wypadania pojedynczych granuliek				
-		Gęstość pozorna, kg/m ³ , nie mniej niż	12,0	15,0	20,0	30,0	40,0

Właściwości fizyczne

		EPS 50 042 (PS-E FS 12)	EPS 70 040 FASADA, EPS 80 036 FASADA (PS-E FS 15)
13	Grubość warstwy izolacji d [mm]	Opór cieplny warstwy m ² K/W	Opór cieplny warstwy m ² K/W
14	10	0.24	0.26
15	15	0.36	0.39
16	20	0.49	0.53
17	25	0.70	0.66
18	30	0.73	0.79
19	40	0.98	1.05
20	50	1.22	1.32
21	60	1.46	1.58
22	70	1.71	1.84
23	80	1.95	2.11
24	90	2.20	2.37
25	100	2.44	2.63
26	110	2.68	2.89
27	120	2.93	3.16
28	17/15*		
29	22/20		
30	27/25		
31	33/30		
32	38/35		
33	43/40		

* Grubość warstwy izolacji akustycznej bez obciążenia i pod obciążeniem

EPS 100 038 DACH/ PODŁOGA (PS-E FS 20)	EPS 200 036 DACH/ PODŁOGA/ PARKING (PS-E FS 30)	EPS 250 036 PODŁOGA/ PARKING (PS-E FS 40)	EPS T - 24 dB PODŁOGA PŁYWAJĄCA (Płyty styropianowe elastyczne)	Płyty styropianowe drenażowe	
Opór cieplny warstwy $\text{m}^2\text{K/W}$	Opór cieplny warstwy $\text{m}^2\text{K/W}$	Opór cieplny warstwy $\text{m}^2\text{K/W}$	Opór cieplny warstwy $\text{m}^2\text{K/W}$	Opór cieplny warstwy $\text{m}^2\text{K/W}$	13
0.29	0.31	0.31			14
0.43	0.47	0.47			15
0.57	0.63	0.63			16
0.71	0.78	0.78			17
0.86	0.94	0.94			18
1.14	1.25	1.25		0.50	19
1.43	1.56	1.56		0.63	20
1.71	1.88	1.88		0.75	21
2.00	2.19	2.19		0.88	22
2.29	2.50	2.50		1.00	23
2.57	2.81	2.81		1.13	24
2.86	3.13	3.13		1.25	25
3.14	3.44	3.44		1.38	26
3.43	3.75	3.75		1.50	27
			0.33**		28
			0.44		29
			0.56		30
			0.67		31
			0.78		32
			0.89		33

** Opór cieplny obliczono dla izolacji akustycznej pod obciążeniem

5. Fizyka budowli

Podstawowe informacje na temat przepływu ciepła przez przegrody budowlane oraz metody samodzielnego obliczania współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych.

Budynki, oprócz podstawowych warunków bezpiecznej eksploatacji wytrzymałościowej, muszą spełniać wymagania związane z oszczędzaniem energii, komfortem cieplnym oraz izolacyjnością akustyczną.

Projektowanie i wymiarowanie pod względem ochrony cieplnej konstrukcji budowlanych wymaga znajomości oraz przestrzegania zasad i procesów opisywanych przez fizykę budowli.

Błędy z zakresu fizyki budowli prowadziły i nadal prowadzą do szkód budowlanych, nadmiernego obciążenia środowiska naturalnego i marnotrawstwa energii.

Przedstawione w dalszym ciągu informacje nie mają na celu kompletnego opisanie tych zagadnień, ale jedynie wyjaśnienie w możliwie najprostszej formie najważniejszych pojęć dotyczących izolacyjności cieplnej, wilgotnościowej i akustycznej.

5.1. Ochrona ciepła

Oszczędzanie energii jest koniecznością, która w znaczący sposób wpływa na projekt i wykonawstwo techniczne obiektu budowlanego.

Odpowiednia izolacyjność cieplna oraz wilgotnościowa powłoki budynku gwarantuje utrzymanie w jego wnętrzu wygodnych i higienicznych warunków dla przebywania ludzi.

Architekt i inżynier budowlany musi bezwzględnie dysponować wiedzą związaną z projektowaniem, wyliczaniem i wykonawstwem izolacji termicznych. Do nich więc należy się zwracać, w razie potrzeby, ze szczegółowymi pytaniami z tego zakresu.

Optymalna izolacja cieplna budynku pozwala na zrealizowanie następujących celów:

- zmniejszenie kosztów eksploatacji
- utrzymanie komfortu cieplnego
- ochrona budowli
- ochrona naturalnych nośników energii
- bezpieczeństwo energetyczne państwa
- ograniczenie skażenia powietrza.

Transport ciepła

Przewodzenie

Przewodzenie ciepła zachodzi we wnętrzu materiałów stałych i polega na przekazywaniu energii między sąsiadującymi cząsteczkami. Odpływ ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku wiąże się m.in. **ze stratami cieplnymi przez przewodzenie.**

Promieniowanie

Energia jest tu wymieniana w postaci fali elektromagnetycznej między powierzchniami ciał stałych o różnych temperaturach i różnych właściwościach emisyjnych.

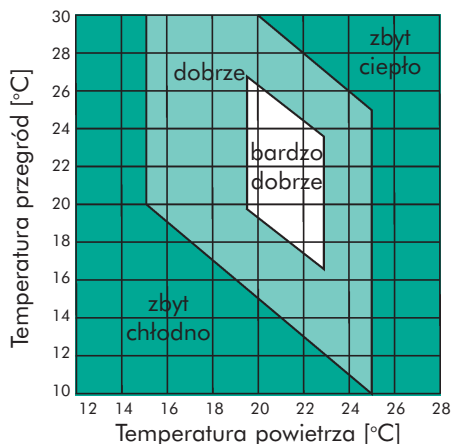
Konwekcja

Pod pojęciem konwekcji rozumie się przenoszenie energii przez poruszające się swobodnie cząstki gazów lub cieczy. Straty ciepłe wynikające z wymiany ciepłego powietrza z pomieszczenia na zimne zewnętrzne nazywane są **stratami wentylacyjnymi.**

Straty ciepłe powstają również przy wytwarzaniu ciepła w urządzeniach centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej. Są to straty związane ze spalinami, z powierzchnią zewnętrzną i ostyganiem kotła.

W dalszym ciągu przedstawiony będzie sposób przejścia od współczynnika przewodzenia ciepła (λ) materiału budowlanego do współczynnika przenikania ciepła (U) całej przegrody budowlanej.

Na rysunku przedstawiono zależność komfortu cieplnego w pomieszczeniu od temperatury powietrza i temperatury powierzchni tworzących pomieszczenie.



Przewodność cieplna

Oznaczenie normowe:

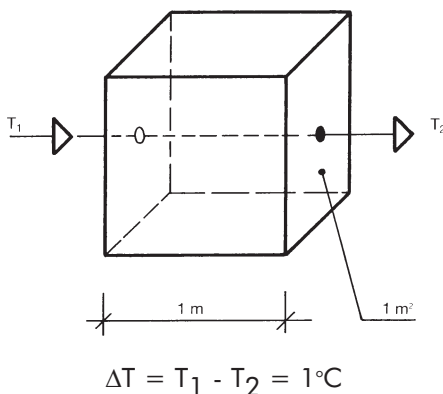
λ (lambda)

Jednostka:

W/mK
(Wat na metr i stopień)

Przewodność cieplna jest informacją o strumieniu energii, jaki przepływa przez jednostkową powierzchnię warstwy materiału o grubości 1m, przy różnicy temperatur po obydwu stronach tej warstwy równej 1K (1°C).

Przewodność cieplna jest charakterystyczną cechą materiału, zależy od jego składu chemicznego, porowatości, ale także od wilgotności.



Od pomiarowej wartości przewodności cieplnej do wartości obliczeniowej

Podstawą dla wyznaczenia wartości współczynnika przewodności cieplnej są badania i uzyskiwane z nich **wartości pomiarowe**. Badania prowadzi się wyłącznie w wyspecjalizowanych laboratoriach wg ściśle określonych metod pomiarowych.

Badania laboratoryjne realizowane wg tych metod pozwalają na uzyskanie pomiarowej przewodności cieplnej w stanie suchym. Dla uzyskania wartości obliczeniowej konieczne jest uwzględnienie odchylenia standardowego wynikającego z rozrzutu produkcyjnego parametrów materiału oraz faktycznych warunków wilgotnościowych w miejscu zastosowania materiału.

Wartość obliczeniowa

Obliczeniowe wartości przewodności cieplnej podstawowych materiałów budowlanych dla warunków średniowilgotnych i wilgotnych można odnaleźć np. w: załączniku do normy PN-EN-ISO 6946:1998 „Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania”, certyfikatach

materiałów budowlanych lub deklaracjach zgodności publikowanych przez producentów.

Wartość obliczeniowa przewodności cieplnej charakteryzuje cechę końcowego wyrobu, a więc uwzględnia wszystkie składniki gotowego materiału, a także ewentualny rozrzut jego produkcji.

Orientacyjne wartości współczynnika przewodności cieplnej λ niektórych materiałów budowlanych dla warunków średniowilgotnych [W/mK]:

Materiały konstrukcyjne

Żelbet	1.7
Beton zwykły	1.5
Mur z cegły pełnej	0.77
Mur z cegły klinkierowej	1.05
Mur z cegły kratówki	0.56
Mur z cegły silikatowej	0.80
Płyty i bloki z gipsu	0.35
Drewno sosnowe	0.16
Mur z kamienia łamanego	2.50
Beton komórkowy	0.20

Materiały termoizolacyjne

Styropian	0.032-0.045
Poliuretan	0.035
Korek ekspandowany	0.045
Maty z włókna szklanego	0.045
Płyty wiórowo-cementowe	0.15
Szkło piankowe czarne	0.07
Płyta pilśniowa porowata	0.06
Powietrze (nieruchome)	0.02

Materiały osłonowe

Tynk cementowy	1.00
Tynk cementowo-wapienny	0.82
Tynk wapienny	0.70
Płyty gipsowo-kartonowe	0.23
Jastrych gipsowy	0.52
Sklejka	0.16
Płyty pilśniowe twarde	0.18
Płyty ceramiczne	1.05
Wykładzina podł. PCW	0.20

Inne materiały

Papa asfaltowa	0.18
Papier	0.25
Trociny drzewne luzem	0.09
Żużel paleniskowy	0.28
Gлина	0.75
Piasek średni	0.40
Żwir	0.90
Grunt	0.90
Stal budowlana	58.00
Żeliwo	50.00
Miedź	370.00
Szkło okienne	0.80
Szkło organiczne	0.19

Uwaga:

Niska wartość λ = dobra izolacja termiczna

Wysoka wartość λ = zła izolacja termiczna

Opór przewodzenia ciepła

Oznaczenie: R

Jednostka: m²K/W

Opór przewodzenia ciepła jest wielkością charakteryzującą właściwości termoizolacyjne przegrody budowlanej.

Oprócz współczynnika przewodności cieplnej poszczególnych materiałów stanowiących przegrodę, wpływ na jego wartość mają także grubości tych warstw. Opór cieplny jednorodnej warstwy materiału jest wyliczany z następującej zależności:

$$R = d / \lambda$$

w której:

d - grubość warstwy w metrach

λ - obliczeniowa wartość przewodności cieplnej w W/mK

Wartość oporu warstwy materiału najlepiej charakteryzuje właściwości termiczne danej części przegrody.

Opór przewodzenia ciepła przegrody wielowarstwowej może być w najprostszym przypadku wyliczony jako suma oporów cieplnych poszczególnych warstw:

$$R_{\lambda} = \sum d_i / \lambda_i$$

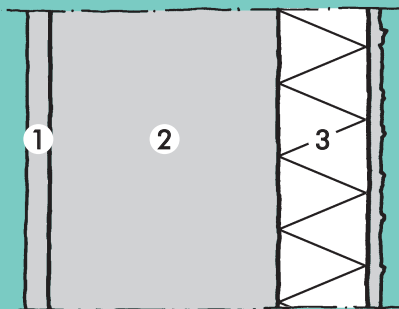
gdzie:

i - numer kolejnej warstwy w przegrodzie

Przykład obliczeniowy A Przegroda wielowarstwowa

1. Tynk wewnętrzny 1.5cm
 $\lambda = 0.7 \text{ W/mK}$
2. Pustak ceramiczny 29cm
 $\lambda = 0.50 \text{ W/mK}$
3. Ocieplenie metodą lekką mokrą*,
styropian EPS 70 040 FASADA,
EPS 80 036 FASADA (PS-E FS 15)
o grubości 11cm, $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$

* Dla zewnętrznego systemu ocieplania ścian metodą lekką mokrą pomijane są opory cienkiej warstwy tynku zewnętrznego i warstwy kleju



Opór przewodzenia ciepła $R_\lambda(\Sigma R_\lambda)$

$$\begin{aligned}\Sigma R_\lambda &= R_{\lambda^1} + R_{\lambda^2} + R_{\lambda^3} = \\ &= 0,015/0,7 + 0,29/0,50 + 0,11/0,04 = \\ &= 3,35 \text{ m}^2\text{K/W}\end{aligned}$$

Wartości obliczeniowe współczynnika przewodności cieplnej mogą być przyjmowane na podstawie informacji handlowych producentów materiałów budowlanych. Charakterystykę styropianu przedstawiono na str. 10-11.

O tym, w jaki sposób na podstawie oporu przewodzenia ciepła można wyliczyć wartość współczynnika przenikania ciepła „U” (dawniej „k”) przegrody, mowa będzie na dalszych stronach.

Współczynnik przejmowania ciepła

Oznaczenia:

h_{si} - po stronie wewnętrznej

h_{se} - po stronie zewnętrznej

Jednostka: W/m^2K

Współczynnik przejmowania odpowiada strumieniowi energii, tj. ilości ciepła, jakie napływa lub odpływa w ciągu jednej sekundy, z jednostkowej powierzchni przegrody do otaczającego ją powietrza, przy różnicy temperatur powierzchni przegrody i powietrza równej 1 K ($^{\circ}C$).

Wartość współczynnika przejmowania ciepła zależy przede wszystkim od kierunku przepływu strumienia cieplnego, prędkości ruchu powietrza w otoczeniu przegrody i warunków wymiany promieniowania cieplnego.

Opór przejmowania ciepła

Oznaczenia: R_{si} lub R_{se}

Jednostka: m^2K/W

Opór przejmowania ciepła jest równy odwrotności współczynnika przejmowania ciepła:

$$R_{si} = 1 / h_{si}, \quad R_{se} = 1 / h_{se}$$

Niezależnie od oporów stawianych przepływowi ciepła przez poszczególne warstwy przegrody, dodatkową przeszkodą są opory przejmowania ciepła na obydwu jej powierzchniach, od strony powietrza wewnętrznego i zewnętrznego.

Opory przyjmowania ciepła - wg normy PN - EN - ISO 6946:1998 „Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania”

Kierunek strumienia ciepłego			
	w górę	poziomy	w dół
R_{si}	0.10	0.13	0.17
R_{se}	0.04	0.04	0.04

Przykłady oporów przyjmowania ciepła dla różnych przegród budowlanych

Przegroda	Kierunek strumienia ciepłego	R_{si} m ² K/W	R_{se} m ² K/W	$R_{si} + R_{se}$ m ² K/W
Ściana zewnętrzna	poziomy	0.13	0.04	0.17
Ściana zagłębiona w gruncie	poziomy	0.13	0.00	0.13
Ściana wewnętrzna	poziomy	0.13	0.13	0.26
Ściana przy pomieszcz. nieogrzewanym	poziomy	0.13	0.13	0.26
Stropodach zewnętrzny	w górę	0.10	0.04	0.14
Strop wewnętrzny	w górę	0.10	0.10	0.20
Strop wewnętrzny	w dół	0.17	0.17	0.34
Strop nad przejazdem itp.	w dół	0.17	0.04	0.21
Strop pod strychem nieogrzewanym	w górę	0.10	0.10	0.20

Współczynnik przenikania ciepła

Oznaczenie: U (dawniej „k”)

Jednostka: W/m²K

Współczynnik przenikania ciepła jest miarą strat ciepła przez przegrodę. Podobnie jak opór cieplny współczynnik U służy do charakteryzowania właściwości termoizolacyjnych poszczególnych elementów budynku.

Wartość współczynnika U zależy od rodzaju zastosowanych materiałów i ich grubości, a także od warunków w pomieszczeniu i kierunku przepływu ciepła.

Wartość współczynnika U wyraża ilość ciepła, jaka przepłynie w czasie jednej sekundy przez jednostkową powierzchnię przegrody budowlanej (1m²), przy różnicy temperatur powietrza po obydwu stronach równej 1K (°C).

Przez przegrodę o powierzchni A przepływa przy różnicy temperatur ΔT strumień cieplny Φ :

$$\Phi = U \times A \times \Delta T$$

Współczynnik U oblicza się wg następującej zależności:

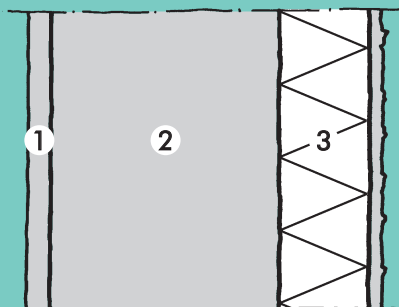
$$1/U = R_{si} + \sum R_{\lambda} + R_{se}$$

Wyższa wartość U = wysokie straty ciepła

Niższa wartość U = małe straty ciepła

Przykład obliczeniowy B Przegroda wielowarstwowa

1. Tynk wewnętrzny 1.5cm
2. Pustak ceramiczny 29cm
3. Ocieplenie zewnętrzne,
styropian EPS 70 040 FASADA,
EPS 80 036 FASADA (PS-E FS 15)
o grubości 11cm



Obliczanie współczynnika U

$$[1/U = R_{si} + \Sigma R_{\lambda} + R_{se}]$$

- przykład na str. 17:

(suma oporów przewodzenia)

$$\Sigma R_{\lambda} = 3,35 \text{ m}^2\text{K/W}$$

- tabela na str. 19:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$1/U = 0,13 + 3,35 + 0,04 = 3,52 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/3,52 = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Współczynnik przenikania ciepła U a koszty ogrzewania

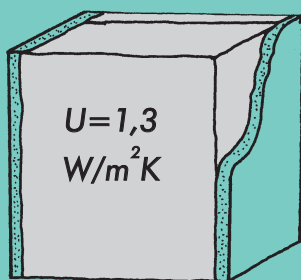
Dobra izolacja cieplna budynku redukuje współczynnik przenikania ciepła, co oznacza obniżenie strat energii i kosztów ogrzewania.

Jednokrotna inwestycja w dobrą izolację cieplną pozwala oszczędzać na kosztach ogrzewania w czasie każdej zimy przez cały okres eksploatacji budynku.

W uproszczeniu można przyjąć następującą zasadę obliczania zapotrzebowania na energię:

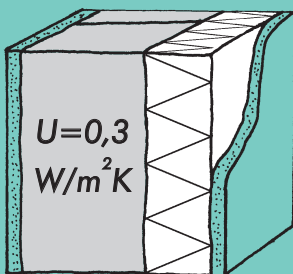
współczynnik $U \times 10$ = ilość m^3 gazu lub litrów oleju opałowego na każdy m^2 ściany zewnętrznej w całym sezonie grzewczym.

Dalsze wskazówki związane z kosztami ogrzewania i ochroną cieplną znaleźć można na stronie 50.



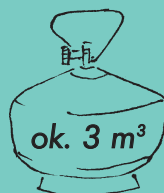
źle

=



dobrze

=



Aktualne wymagania ochrony cieplnej budynków

zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 132, poz. 878)

§ 328. Budynek i jego instalacje grzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość energii cieplnej, potrzebnej do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem, można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie.

§ 329.1. Dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego i zamieszkania zbiorowego wymagania określone w § 328 uznaje się za spełnione, jeżeli wartość wskaźnika E_o , określającego obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową (ciepło) do ogrzewania budynku w sezonie grzewczym, wyrażone ilością energii przypadającej w ciągu roku na 1m^3 kubatury ogrzewanej części budynku, jest mniejsza od wartości granicznej E_o .

§ 329.2. Dla budynku mieszkalnego w zabudowie jednorodzinnej wymagania określone w § 328 uznaje się za spełnione, jeżeli:

- 1) wartość wskaźnika E_o , o którym mowa w ust.1, jest mniejsza od wartości granicznej E_o , lub
- 2) przegrody zewnętrzne odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej oraz innym wymaganiom związanym z oszczędnością energii, określonym w załączniku do rozporządzenia.

§ 329.3. Dla budynku użyteczności publicznej i budynku przemysłowego wymagania określone w § 328 uznaje się za spełnione, jeżeli przegrody zewnętrzne odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej lub innym wymaganiom związa-

nym z oszczędnością energii, określonym w załączniku do rozporządzenia.

§ 329.4. Wartości graniczne E_o wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku, w zależności od współczynnika kształtu budynku A/V , dla budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego wynoszą:

- 1) $E_o = 29 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ rok})$
przy $A/V \leq 0.20$,
- 2) $E_o = 26.6 + 12 A/V \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ rok})$
przy $0.20 < A/V < 0.90$,
- 3) $E_o = 37.4 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ rok})$
przy $A/V \geq 0.90$

gdzie:

A - jest sumą pól powierzchni wszystkich ścian zewnętrznych (wraz z oknami i drzwiami balkonowymi), dachów i stropodachów, podłóg na gruncie lub stropów nad piwnicą nieogrzewaną, stropów nad przejazdami, oddzielającymi część ogrzewaną budynku od powietrza zewnętrznego, liczonych po obrysie zewnętrznym,

V - jest kubaturą ogrzewanej części budynku, obliczoną zgodnie z Polską Normą dotyczącą zasad obliczania kubatury budynków, powiększoną o kubaturę ogrzewanych pomieszczeń na poddaszu użytkowym lub w piwnicy i pomniejszoną o kubaturę wydzielonych klatek schodowych, szybów wind, otwartych wnęk, loggii i galerii.

§ 329.5. Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku mieszkalnego i zamieszkania zbiorowego E_o , o którym mowa w ust.1, oblicza się zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. Ustaw Nr 75, poz. 690, zmiana Dz. U. Nr 109/2004 poz. 1156

Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii

Wartości współczynnika przenikania ciepła U ścian i stropodachów, obliczone zgodnie z Polską Normą i podane dla okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych nie mogą być większe niż wartości $U_{k(max)}$ określone w tabelach:

Budynek mieszkalny w zabudowie jednorodzinnej

Lp	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	$U_{k(max)}$, W/(m ² ·K)
1	2	3
1	Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym): a) przy $t_i > 16^{\circ}\text{C}$: - o budowie warstwowej* z izolacją z materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0.05 \text{ W/mK}$, - pozostałe b) przy $t_i = 16^{\circ}\text{C}$ (niezależnie od rodzaju ściany)	0.30 0.50 0.80
2	Ściany piwnic nieogrzewanych	bez wymagań
3	Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i > 16^{\circ}\text{C}$ b) przy $8^{\circ}\text{C} < t_i \leq 16^{\circ}\text{C}$	0.30 0.50
4	Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	0.60
5	Stropy nad piwnicami ogrzewanymi	bez wymagań
6	Ściany wewnętrzne oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1.00

Lp	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	$U_{k(max)}$, W/(m ² ·K)
1	2	3
1	Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przeźroczyste nieotwieralne w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^{\circ}\text{C}$: - w I, II i III strefie klimatycznej - w IV i V strefie klimatycznej	2.6 2.0
2	Okna połaciowe (bez względu na strefę klimatyczną) w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^{\circ}\text{C}$	2.0
3	Okna w ścianach oddzielających pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanych	4.0
4	Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
5	Drzwi zewnętrzne wejściowe do budynków	2.6

Budynek użyteczności publicznej

Lp	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	$U_{k(max)} / W/(m^2 \cdot K)$
1	2	3
1	Ściany zewnętrzne (stykające się z powietrzem zewnętrznym): a) przy $t_i > 16^\circ C$ - pełne - z otworami okiennymi i drzwiowymi - ze wspornikami balkonu, przenikającymi ścianę b) przy $t_i \leq 16^\circ C$ (niezależnie od rodzaju ściany)	0.45 0.55 0.65 0.70
2	Ściany wewnętrzne między pomieszczeniami ogrzewanymi a klatkami schodowymi lub korytarzami	3.00*
3	Ściany przylegające do szczelin dylatacyjnych o szerokości: a) do 5cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokość co najmniej 20 cm b) powyżej 5cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	3.00 0.70
4	Ściany piwnic nieogrzewanych	bez wymagań
5	Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i > 16^\circ C$ b) przy $8^\circ C < t_i \leq 16^\circ C$	0.30 0.50
6	Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	0.60
7	Stropy nad piwnicami ogrzewanymi	bez wymagań

Lp	Okna, drzwi balkonowe, świetliki i drzwi zewnętrzne	$U_{max} / W/(m^2 \cdot K)$
1	2	3
1	Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) przy $t_i > 16^\circ C$ b) przy $8^\circ C < t_i \leq 16^\circ C$ c) przy $t_i \leq 8^\circ C$	2.3 2.6 bez wymagań
2	Okna połaciowe i świetliki	2.0
3	Okna i drzwi balkonowe w pomieszczeniach o szczególnych wymaganiach higienicznych (pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi w szpitalach, żłobkach i przedszkolach)	2.3
4	Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz świetliki nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
5	Drzwi zewnętrzne wejściowe do budynków	2.6

t_i - temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia

* - Tynk zewnętrzny i wewnętrzny nie jest uznawany jako warstwa

** - Jeżeli przy drzwiach wejściowych do budynku nie ma przedsionka, to wartość współczynnika U ściany wewnętrznej przy klatce schodowej na parterze nie powinna być większa niż $1.0 W/(m^2 \cdot K)$.

5.2. Ochrona przed wilgocią

Tylko niektóre czynniki oddziałujące na budynek mogą stwarzać równie intensywne i istotne dla jego prawidłowego funkcjonowania zagrożenie jak wilgoć w różnych formach występowania. Projektant powinien niezwykle starannie i szczegółowo przewidzieć wszystkie niezbędne formy ochrony przed wilgocią pochodzącą z otoczenia, z wnętrza budynku, a także z podłoża.

Z punktu widzenia fizyki używanie słowa „wilgoć” nie jest do końca prawidłowe, bowiem nie jest to nic innego niż woda. Jednak w słownictwie budowlanym termin ten dobrze się przyjął i jest powszechnie używany, a co istotniejsze powszechnie rozumiany. Ochrona przed wilgocią jest więc ochroną budynku przed wodą, która różnymi sposobami może się przedostawać do budynku.

Wilgoć technologiczna

Jest związana z produkcją, składowaniem, transportem i montażem materiałów budowlanych.

Wilgoć gruntowa

Może przedostawać się do budynku od dołu, z wód gruntowych lub może być to woda powierzchniowa zasysana przez budynek, gdy brakuje skutecznej izolacji przeciwwilgociowej.

Woda deszczowa

Przenika przez nieszczelne dachy, tarasy, balkony, ale także poprzez wadliwe miejsca i szczeliny w przegrodach pionowych. Kapilarne podciąganie może spowodować przedostawanie się wody do wnętrza na wylot przez całą przegrodę.

Wilgoć eksploatacyjna

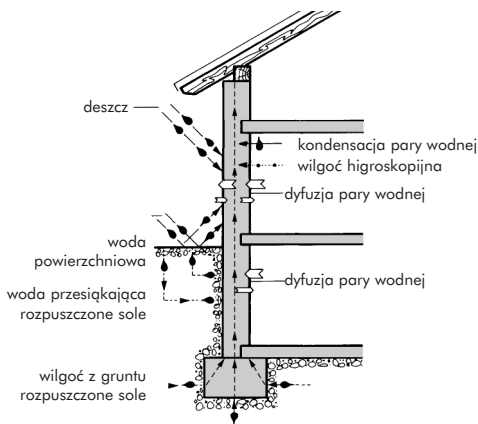
Powstaje przez wykraplanie się na powierzchniach przegród budynku i w ich

wnętrzu pary wodnej pochodzącej od ludzi, roślin, gotowania i suszenia w pomieszczeniach mieszkalnych, a od procesów technologicznych w budynkach przemysłowych. Dotyczy to szczególnie przegród zewnętrznych, a więc takich, które oddzielają budynek od środowiska zewnętrznego. Woda wykrapla się wtedy, gdy para wodna znajdująca się w powietrzu zostanie przechłodzona i spowoduje nasycenie powietrza wewnętrznego. Wewnętrzne zawilgocenie przegrody obniża jej zdolności izolacyjne.

Cel ochrony przed wilgocią

Jednym z warunków utrzymania we wnętrzu budynku komfortowego mikroklimatu są suche przegrody otaczające to pomieszczenie. Przy wilgotnych przegrodach utrzymanie komfortowych warunków jest bardzo trudne, nawet przy bardzo intensywnym ogrzewaniu. A ilość energii zużywanej na ogrzewanie pomieszczenia w tych warunkach jest wyraźnie wyższa.

Celem skutecznej ochrony budynku przed wilgocią jest więc unikanie negatywnych wpływów jej obecności i wynikających z tego usterek lub szkód.



Wilgotność powietrza

Powietrze, jak również materiały budowlane, zawierają wilgoć, która może występować tam w różnych postaciach, a mianowicie w stanie płynnym (woda), gazowym (para wodna) i stałym (lód). Przejście od jednego stanu skupienia w drugi jest związane ze zmianą temperatury.

Nasycenie powietrza

Otoczającą nas powietrze zawiera wodę w stanie gazowym (para wodna). Ilość pary wodnej, jaka może znajdować się w powietrzu, jest ograniczona i zależna w ścisły sposób od temperatury. Ciepłe powietrze może wchłonąć bez kondensacji więcej pary wodnej, natomiast chłodniejsze mniej.

Względna wilgotność powietrza

Względną wilgotność powietrza oblicza się ze stosunku ilości (lub ciśnienia cząstkowego) pary wodnej, jaka faktycznie znajduje się w powietrzu, do ilości (ciśnienia) pary wodnej, jaka nasyciłaby to powietrze w danej temperaturze. Zwykle wilgotność względną powietrza wyraża się w procentach. Wg powyższej definicji powietrze nasycone parą wodną ma więc wilgotność względną równą 100%.

Kondensacja pary wodnej

Poprzez ogrzewanie wilgotnego powietrza obniża się jego wilgotność względną, ochładzanie prowadzi natomiast do wzrostu wilgotności względnej, chociaż w obydwu przy-

padkach nie zmienia się faktycznej zawartości wilgoci w powietrzu. Zmiana ulega jedynie stosunek rzeczywistej ilości pary wodnej w powietrzu do ilości maksymalnej, odpowiadającej stanowi nasycenia.

Schłodzenie powietrza do poziomu odpowiadającego 100% wilgotności względnej powoduje osiągnięcie warunków stanu nasycenia (tzw. punktu rosy) i rozpoczęcie procesu kondensacji pary. Powietrze nie może już w tych warunkach utrzymać poprzedniej ilości wody w stanie gazowym i para wodna wykrapla się. Ilość wykopłonej wody odpowiada różnicy maksymalnych zawartości pary w powietrzu przed i po oziębieniu. Im wyższa jest więc wilgotność względna powietrza, tym lepiej powinny być izolowane ściany zewnętrzne pomieszczenia, aby uniknąć kondensacji pary wodnej na ich powierzchniach.

Temp. powietrza °C	Względna wilgotność powietrza %	Temp. punktu rosy °C	Dopuszcz. różnica temperatur °C
20	30	1.9	<18.1
20	40	6.0	<14.0
20	50	9.3	<10.7
20	60	12.0	<8.0
20	70	14.4	<5.6
20	80	16.4	<3.6
20	90	18.3	<1.7

W broszurze omawiane są jedynie podstawowe pojęcia, mające bezpośrednie znaczenie praktyczne. Dokładne opisy fizyczne i obliczenia związane z tą tematyką są szeroko omawiane w literaturze fachowej z tego zakresu.

Ciśnienie pary wodnej

Kula ziemiska jest otoczona powłoką powietrzną, tj. atmosferą. Potężna masa powietrza wywiera parcie na każde ciało znajdujące się na powierzchni ziemi, które nazywane jest ciśnieniem atmosferycznym. Para wodna, obecna w powietrzu, dodatkowo powiększa to parcie, wywierając tzw. ciśnienie cząstkowe pary wodnej. Wartość tego ciśnienia zwiększa się wraz ze wzrostem zawartości pary wodnej i zależy od temperatury oraz wilgotności względnej powietrza. Ciśnienie pary wodnej w powietrzu nienasyconym jest niższe od ciśnienia odpowiadającego stanowi nasycenia.

Dyfuzja pary wodnej

Dyfuzja pary wodnej przez przegrody budowlane jest często błędnie określana jako zdolność oddychania pomieszczenia. W rzeczywistości natomiast to proces wyrównywania cząstkowych ciśnień pary wodnej pomiędzy dwoma środowiskami, które rozdziela przegroda. Przepływ pary wodnej odbywa się od środowiska o wyższej koncentracji pary do środowiska o koncentracji niższej. A więc para wodna będzie zawsze dyfundować w tym kierunku, gdzie powietrze jest bardziej suche (bezwzględna zawartość pary wodnej jest mniejsza).

Opór dyfuzyjny

Właściwości materiałów związane z dyfuzją pary wodnej przez materiały budowlane są charakteryzowane przez współczynnik paroprzepuszczalności d [g/(mhPa)]. Odpowiada on ilości pary wodnej w gramach, jaka dyfunduje przez 1 m^2 warstwy materiału o grubości 1 m w ciągu jednej godziny i przy różnicy ciśnień po obydwu stronach tej warstwy równej 1 Pa . Podobnie, jak dla przepływu

ciepła przez powłokę zewnętrzną budynku, wprowadzono pojęcie oporu dyfuzyjnego dowolnej warstwy materiału:

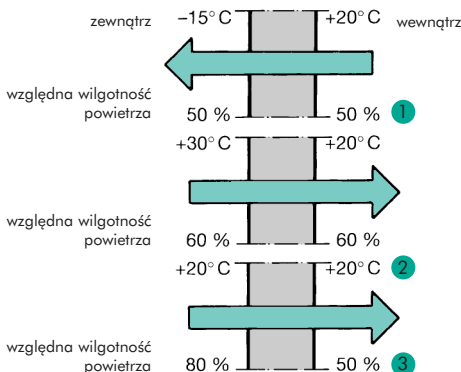
$$Z = d / \delta,$$

gdzie:

d - grubość warstwy [m]

Całkowity opór dyfuzyjny przegrody jest równy sumie oporów dyfuzyjnych poszczególnych warstw tworzących tę przegrodę.

Kierunki przepływu pary wodnej



1. Przy niskich temperaturach zewnętrznych (w zimie) przepływ pary wodnej odbywa się zwykle od strony cieplejszej do strony chłodniejszej (na zewnątrz).
2. W lecie, z powodu odwróconej różnicy temperatur, przepływ pary wodnej może odbywać się od zewnątrz do wewnątrz.
3. Dyfuzja pary wodnej może również odbywać się w warunkach równych temperatur, ale przy zróżnicowanej wilgotności względnej powietrza z obydwu stron. Zwykle w tych warunkach nie dochodzi do kondensacji pary wodnej.

Paroprzepuszczalność materiałów budowlanych (przykłady)

Material	$\delta \times 10^{-4}$ [g/(m h hPa)]
Korek ekspandowany	75
Styropian	12
Mur z cegły ceramicznej pełnej	105
Mur z cegły dziurawki	135
Tynk cementowy	45
Tynk wapienny	75
Jastrych gipsowy	112
Płyty gipsowo-kartonowe	75
Gipsobeton	150
Drewno (sosna i świerk) w poprzek włókien	60
wzdłuż włókien	320
Sklejka	20
Płyty pilśniowe porowate	180
Płyty pilśniowe twarde	20
Beton zwykły z kruszywa kamiennego	30
Beton z kruszywa wapiennego	180
Beton komórkowy	225
Wiórobeton	240
Marmur, granit	7.5
Piaskowiec	38
Wapień zwykły	60

Dla materiałów arkuszowych i powłok podawane są wprost wartości oporów dyfuzyjnych całych warstw, np.:

	m ² h hPa/g
Folia polietylenowa, grubość 0.2mm	66
Folia PVC, 0.5mm	58
Folia aluminiowa, 0.02mm	360
Papa asfaltowa z obustronną powłoką, 1.5mm	120
Pokrycie z dwóch warstw papy na lepiku, 5.0mm	460
Pokrycie z trzech warstw papy na lepiku, 7.5mm	660
Papa asfaltowa izolacyjna, 0.4mm	6.7
Karton, 0.3mm	0.4

Mit „oddychających ścian”

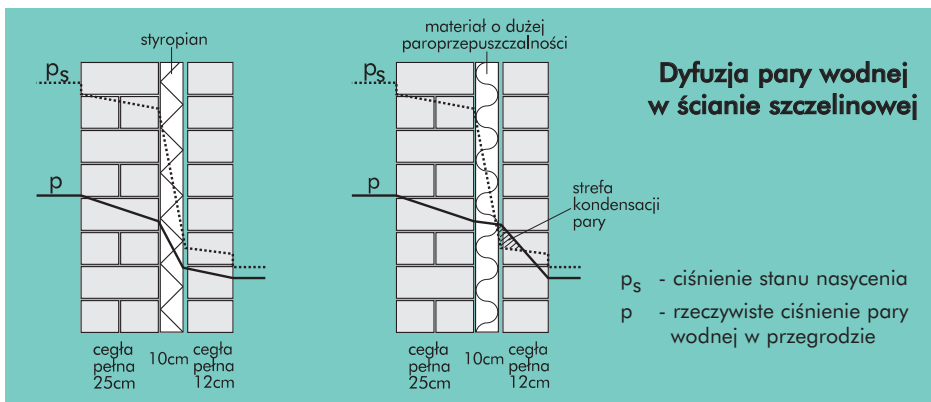
Po latach stosowania styropianu w budownictwie narosły wokół niego opinie, w których mieszają się ze sobą fałszywe mity i rzeczywistość.

Jedną z nich jest mit „oddychających ścian”, rozumiany jako przepływ pary wodnej przez ściany budynku. Styropian jest materiałem dość szczelnym pod względem dyfuzji pary wodnej i stąd pogląd o braku „oddychania” w pomieszczeniach izolowanych tym materiałem. Utrzymywanie odpowiedniej wilgotności powietrza w pomieszczeniu jest możliwe jedynie dzięki właściwemu działaniu wentylacji. Przekonali się o tym najlepiej mieszkańcy budynków, w których wymieniono stare, nieszczelne okna na nowe. Nie pomagają wówczas „oddychające” ściany, woda ścieka po szybach, a dotychczas suche ściany pleśnią. Udział ścian w wymianie wilgoci z otoczeniem jest mały i nie może być brany pod uwagę przy kształtowaniu mikroklimatu wnętrza. Powierzniowe warstwy wszystkich przegród zapewniają natomiast, stosownie do swoich właściwości sorpcyjnych, wygładzanie

chwilowych wahań wilgotności powietrza, poprzez wchłanianie nadmiaru wilgoci i oddawanie jej z powrotem w okresie obniżonej wilgotności.

Zdolność materiałów do przepuszczania pary wodnej ma natomiast wpływ na dobór i układ warstw w przegrodzie. W ścianie szczelinowej, bardzo często stosowanej obecnie w Polsce, materiał termoizolacji jest osłonięty z obu stron murami z cegły, pustaków różnego rodzaju, itp. Jeśli materiał izolacji cieplnej łatwo przepuszcza parę wodną („oddycha”), to w miejscu styku izolacji i zewnętrznej warstwy murowej dochodzi do kondensacji pary wodnej. Zastosowanie ciągłej warstwy styropianu pozwala obniżyć dostęp pary wodnej do wnętrza przegrody i uniknąć jej zawilgocenia (rys.).

Natomiast w każdej przegrodzie, niezależnie od rodzaju materiału izolacyjnego i zastosowanego układu warstw, nieciągłe wykonanie warstwy termoizolacji lub pozostawienie szczelin na stykach płyt może powodować wykraplanie i gromadzenie się wilgoci, a w efekcie destrukcję wrażliwych na zawilgocenie materiałów przegrody.



5.3. Ochrona akustyczna

Wrażenia słuchowe	Dźwięk, hałas	Głośność dB(A)	Wpływ na organizm	Głośność dB(A)
niesłyszalny	bardzo cichy zegarek	10	próg słyszalności	0
	spadający liść	10	próg pomiarowy	10
bardzo cichy	zegarek kieszonkowy	15-20		
	kroki po miękkiej wykładzinie	20		
	szelest liści	20		
	woda w kranie	15-25		
	słaby deszcz	20-25	przyjemny poziom nawet przy spaniu	30
	szept	25-30		
	rozmowa z bliska	30	bezpieczny poziom zdrowotny	do 30
cichy	łódówka	30-40	zalecany przy koncepcyjnej pracy umysłowej	do 40
	cicha rozmowa	40		
	cicho grające radio	40-50	przy odtwórczej pracy umysłowej	do 50
	śpiew ptaków	40-50		
	lekkie zamykanie drzwi	45-55		
	półgłówna rozmowa (2m)	50	możliwe reakcje psychiczne i wegetatywne	od 50
	spokojna ulica	50		
głośny	pralka (1m)	50-60		
	rozmowa przez telefon	55		
	odkurzacze (1m)	60	odczuwany jako nieprzyjemny	od 60
	normalna rozmowa (2m)	60		
	włączone radio, telewizor	60		
	silne zamknięcie drzwi	60-70	utrudnia rozmowę	od 70
	głośna rozmowa	70	podrażnia nerwy	od 70
bardzo głośny	źle słyszalna rozmowa telefoniczna	75	maksymalny przy pracy fizycznej	do 80
	wirówka w pralce (1m)	75-80		
	silny ruch uliczny (10m)	80		
	głośno grające radio	80-90		
	mocne zamknięcie drzwi	80-90	poziom zagrażający zdrowiu	
	głośny krzyk	90	początek uszkodzenia słuchu	od 90
	krzyk dzieci (1m)	95		
nie do zniesienia	ręczna piła tarczowa (1m)	100		
	bardzo głośne radio	100		
	młot pneumatyczny (1m)	100-115		
	syrena fabryczna (50m)	110	poziom groźny dla zdrowia	od 110
	samolot odrzutowy (średnia wysokość)	110-120		
	samolot odrzutowy (mała wysokość)	120-130	uszkodzenie centralnego systemu nerwowego	od 120
	eksplozja	od 150	próg bólu	120
			paraliż i śmierć organizmu	150-180

Dźwięk

Mechaniczne drgania o częstotliwości słyszalnej dla ucha ludzkiego mieszczą się w przedziale od ok. 16 Hz do 20 000 Hz.

Ze względu na ośrodek, w którym rozchodzą się dźwięki, można wyróżnić dźwięki powietrzne i materiałowe.

W naszej epoce wysoko rozwiniętej techniki coraz powszechniej traktuje się hałas jako zjawisko, które utrudnia życie i może powodować trwałe uszkodzenie zdrowia.

„Ciche mieszkanie” jest dziś przedmiotem marzeń wielu milionów ludzi.

Styropianowy system zewnętrzno-ocieplania ścian w połączeniu z tradycyjną warstwą konstrukcyjną gwarantuje uzyskanie nie tylko dużego oporu cieplnego ścian, ale również spełnienie ostrych wymagań izolacyjności akustycznej.

Tutaj jednak będzie mowa głównie o akustycznej izolacji podłogowej, tłumiącej odgłos kroków.

Styropianowe płyty izolacji akustycznej są coraz powszechniej stosowane w budownictwie wszędzie tam, gdzie powstają dźwięki, a w szczególności do tłumienia dźwięków materiałowych w stropach międzykondygnacyjnych.

Dalsze informacje z zakresu fizyki budowli, dotyczące tych zjawisk, będą przedstawione w rozdziale „Izolacja akustyczna stropów i podłóg”.

6. Przyczyny i sposoby izolacji

Każdy z nas chciałby czuć się w swoim domu przytulnie, ciepło i zdrowo. Aby można było to oczekiwanie zrealizować, budynek musi spełniać podstawowe wymagania techniczne dotyczące izolacyjności cieplnej i temperatury na powierzchniach ścian zewnętrznych. Kiedy ściany są zbyt chłodne i wilgotne, powierzchnia podłogi lodowata, a mieszkańcy odczuwają dreszcze, mimo że ogrzewanie pracuje na pełnych obrotach, to oznacza, że w budynku drastycznie brakuje izolacji cieplnej.

Przez źle zaizolowane ściany zewnętrzne, stropy i podłogi szybko odpływa ciepło. W ten sposób marnowana jest więc nie tylko kosztowna energia, ale też mieszkańcy budynku narażeni są na stały dyskomfort i niezadowolenie z warunków pracy lub odpoczynku w niedogrzanym wnętrzu. Bezpośrednią przyczyną tego stanu jest zbyt duża różnica temperatur między powietrzem a powierzchnią ścian.

Żadna inwestycja nie przyniesie tak dużych oszczędności, jak dobra izolacja cieplna ze styropianu. Żaden inny materiał izolacyjny nie ma tak korzystnego stosunku

ceny do uzyskiwanego oporu cieplnego.

Stosując właściwą izolację termiczną oszczędza się potrójnie:

1. Na kosztach materiału, ze względu na wspomniany powyżej stosunek ceny i właściwości izolacyjnych styropianu.
2. Na kosztach montażu, żaden bowiem inny materiał nie jest tak łatwy, szybki i wygodny do montażu, jak styropian. Pracownicy chętnie pracują ze styropianem, bo nie drażni skóry, jest lekki, czysty i miły w dotyku.
3. Na kosztach ogrzewania, rok po roku, dlatego tak szybko zwracają się pieniądze zainwestowane w izolację cieplną. Ocenia się, że koszt izolacji termicznej stanowi co najwyżej kilka procent całkowitych kosztów nowego budynku. Izolacja cieplna jest opłacalna w każdym przypadku, również przy modernizacji starej zabudowy.

Izolacja cieplna jest dobrze opłacalną inwestycją. W stosunku do budynku bez wyraźnej warstwy izolacji termicznej, w budynku dobrze izolowanym koszty ogrzewania redukowane są do jednej czwartej.

Współczynnik przenikania ciepła U [W/m²K]

Budynek*	Okno	Strop	Ściany zewn.	Strop piwnicy	Roczne zapotrzebowanie na gaz [m³]	Roczne zapotrzebowanie na energię [kWh/m²]	Oszczędności [%]
bez izolacji termicznej	3.0	2.17	1.30	1.85	7858	317	0
przeciętnie izolowany	3.0	0.58	0.58	0.56	3451	139	56
dobrze izolowany	1.9	0.24	0.29	0.33	2025	82	75
dom energooszczędny	1.3	0.15	0.20	0.30	1192	48	85

* Przykładowe obliczenia dla domu jednorodzinnego o powierzchni 128m².

Wskazówki dotyczące projektowania i użytkowania budynków energooszczędnych:

- uprzywilejowana jest zwarta forma budynku, dzięki której powierzchnia ścian zewnętrznych jest minimalna, a stosunek powierzchni ścian do kubatury obiektu możliwie mały
- duże powierzchnie przeszklenia powinny być skoncentrowane w południowej ścianie budynku, w ścianie północnej mogą się znajdować jedynie małe otwory
- grubość izolacji cieplnej powinna wynikać z tącego rachunku kosztów inwestycji i kosztów eksploatacji (ogrzewania) budynku
- izolowane powinny być również przewody instalacji grzewczej, dzięki czemu zmniejszone będą straty energii
- instalacja powinna być ściśle dopasowana do konkretnych wymagań danej obiektu i użytkowników
- instalacja ogrzewcza niskotemperaturowa pozwala lepiej wykorzystać wytwarzaną i przesyłaną energię
- powinny być stosowane urządzenia do odzysku ciepła ze zużytego powietrza wentylacyjnego, pozwalające na znaczną redukcję strat wentylacyjnych

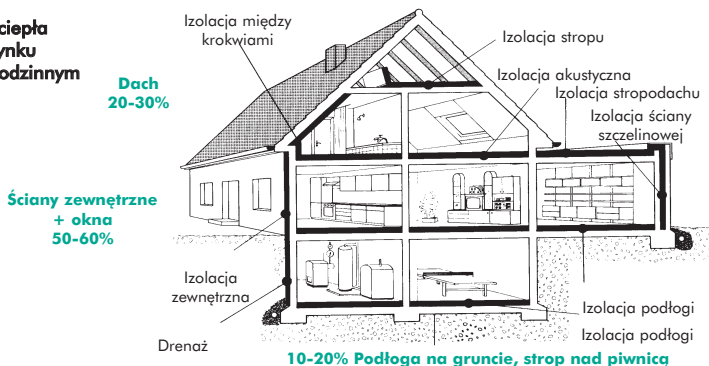
- system wentylacyjny powinien umożliwiać sterowanie i kontrolę wymiany powietrza w budynku
- dostawa ciepła do pomieszczeń powinna być regulowana przy użyciu przygrzejnikowych zaworów termostatycznych, a wytwarzanie ciepła regulatorem pogodowym
- temperatura powietrza nie powinna przekraczać 20°C w dzień, a w nocy możliwe jest jej obniżanie
- w starym budownictwie należy najpierw zbadać instalację grzewczą pod kątem jej zwymiarowania i sprawności i w razie potrzeby zmodernizować.

Optymalna grubość izolacji termicznej zależy od relacji cen materiałów budowlanych i energii. Zmienia się więc w czasie, a także zależy od lokalnych relacji cenowych.

Zalecane, orientacyjne grubości styropianowych warstw izolacyjnych dla budynków energooszczędnych:

- stropodach nachylony 20-25cm
- strop najwyższej kondygnacji 25cm
- stropodach płaski 25cm
- ściana zewnętrzna 15cm
- strop piwnicy nieogrzewanej 10cm
- podłoga na gruncie 10cm

Straty ciepła w budynku jednorodzinnym



7. Izolacja stropów i podłóg

Przez źle zaizolowane stropy i podłogi intensywnie odpływa ciepło. W ten sposób marnowana jest więc nie tylko kosztowna energia, ale też mieszkańcy budynku narażeni są na stały dyskomfort termiczny w niedo-grzonym wnętrzu. Bezpośrednią przyczyną tego stanu jest zbyt duża różnica temperatur między powietrzem a powierzchnią przegród. Zimna powierzchnia podłogi, mimo że ogrzewanie pracuje na pełnych obrotach, wywołuje uczucie chłodu.

Oszczędzanie energii wymaga więc, aby oprócz skutecznej izolacji styropianowej ścian zewnętrznych i dachu, dobrze zaizolować również stropy nad przestrzenią nieogrzewaną, podłogi na gruncie, stropy nad przejazdami, garażami, itp. Izolacja ta sprawi równocześnie, że mieszkańcy wyżej położonych pomieszczeń przestaną marznąć w stopy.

Uwagi związane z wykonywaniem wylewek na warstwach izolacji w stropach:

1. Łączne zmniejszenie grubości warstw izolacyjnych pod wpływem ciężaru wylewki nie powinno przekroczyć 5mm. Nie należy stosować materiałów, które nie mają odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie.
2. Brzegowe paski izolacji, których zadaniem jest akustyczne odizolowanie stropu od ścian, powinny być ułożone bezpośrednio na stropie, przecinając całą grubość wylewki oraz wystając ponad wylewkę na ok. 1-2cm.
3. Warstwy materiału izolacyjnego muszą być ułożone płasko i ściśle, z wzajemnym przyleganiem krawędzi oraz poszczególnych warstw do siebie.
4. Jeśli na konstrukcji nośnej stropu ułożone są rury instalacyjne, to powinny one być pokryte warstwą ochronną lub wyrównawczą tak, aby możliwe było płaskie ułożenie warstw izolacji cieplnej. Jeśli nie jest to możliwe ze względu na zbyt małą grubość stropu, konieczne jest osłonięcie rur przynajmniej przy pomocy warstwy izolacji akustycznej tłumiącej odgłos kroków (minimalna grubość 20-25mm).

7.1. Podłoga na gruncie - budowa

Zalecana odmiana izolacji styropianowej

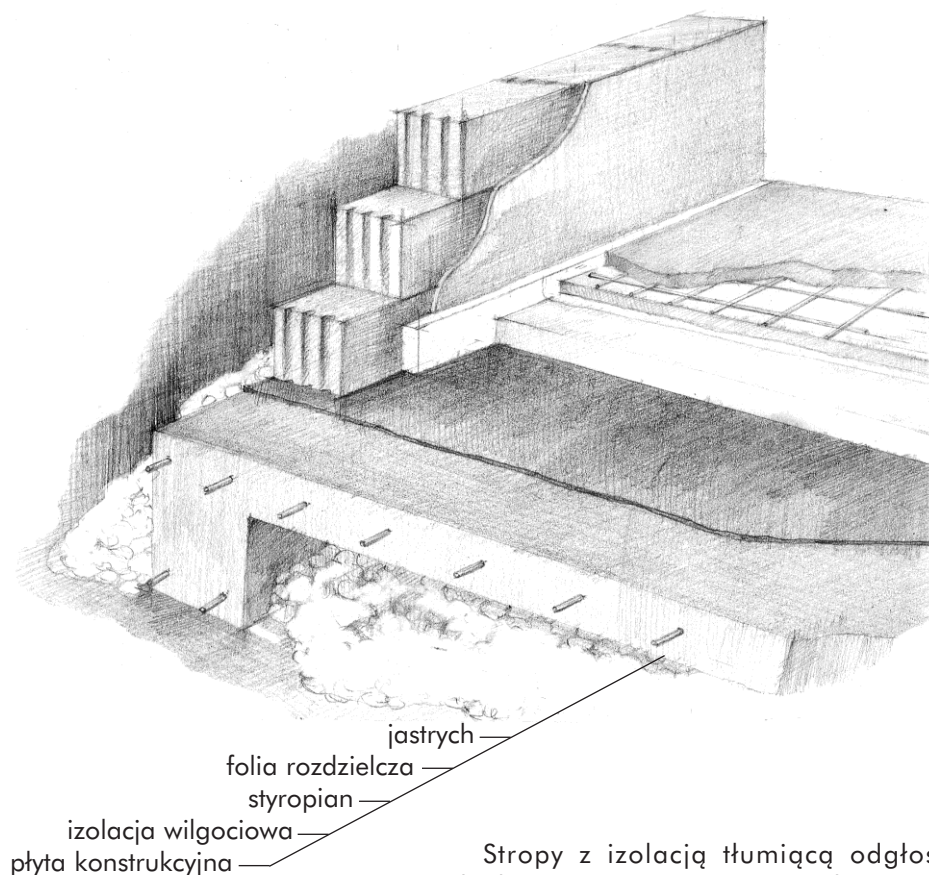
**EPS 100 038 DACH/PODŁOGA
(PS-E FS 20) lub wyższa**

Zalecana grubość izolacji przynajmniej

10cm

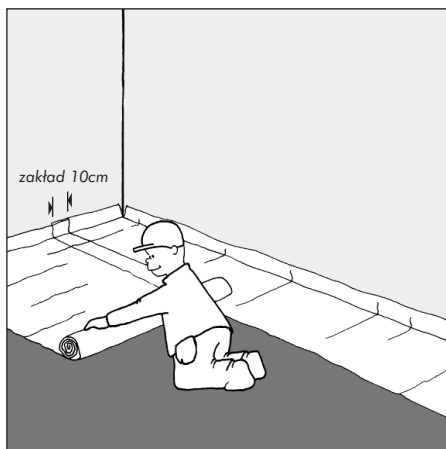
Niepodpiwniczone domy, a także często użytkowane, mieszkalne pomieszczenia piwniczne muszą być skutecznie izolowane przed stratami ciepła. Najłatwiej jest to zrealizować przy użyciu płyt styropianowych. Płyty

odmiany EPS 100 038 DACH/PODŁOGA (PS-E FS 20) mogą być stosowane również do izolowania stropów międzykondygnacyjnych, jeśli nie jest wymagana specjalna izolacja akustyczna.



Stropy z izolacją tłumiącą odgłos kroków są omówione na stronach 39-45.

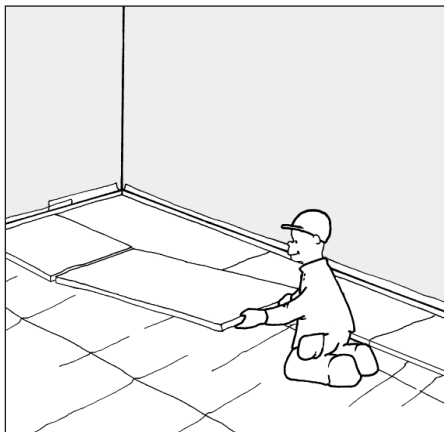
1. Podłoże powinno być płaskie i suche. W przeciwnym razie należy wyrównać je np. przy użyciu wodoodpornej masy szpachlowej.
2. Podłogi na gruncie wymagają stosowania izolacji przeciwwilgociowej (w postaci np. asfaltowej papy zgrzewalnej).
3. W stropach międzykondygnacyjnych stosowana jest warstwa rozdzielcza (np. folia polietylenowa), rozkładana na czystym i gładkim podłożu. Pasy folii powinny być układane z 10-centymetrowym zakładem i wywinięte na ściany na wysokość ok. 12cm.



4. Obwodowe paski izolacji odcinającej strop od ścian (paski styropianu lub specjalnej taśmy) powinny być ustawione pionowo wokół pomieszczenia.

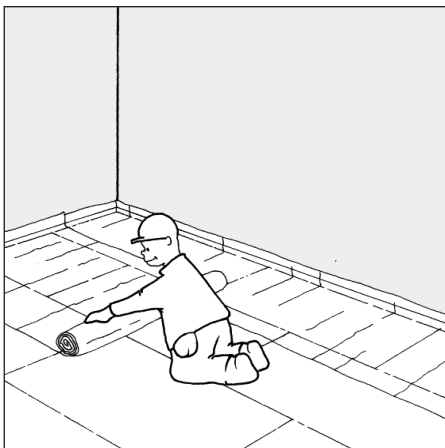


5. Układanie płyt izolacyjnych powinno się rozpocząć w narożniku. Pierwszy rząd płyt styropianowych należy układać wzdłuż ściany, dociskając je do pasków izolacji obwodowej.

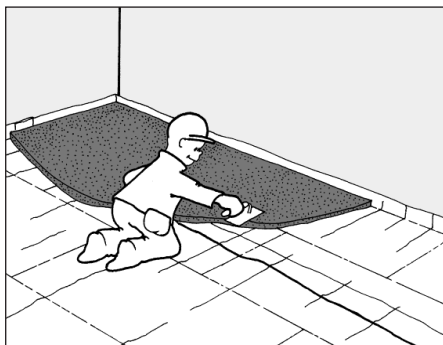


Podłoga na gruncie - wykonanie

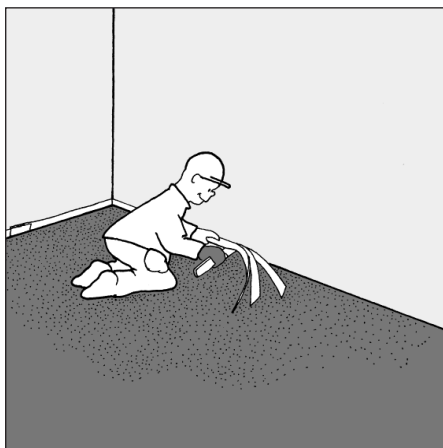
6. Kolejne rzędy płyt należy układać z przesuniętymi spoinami, unikając w ten sposób krzyżowania się styków płyt w sąsiadujących rzędach.
7. Końcowe kawałki płyt w poszczególnych rzędach należy przycinać z niewielkim nadmiarem i wciskać na swoje miejsce, np. przy użyciu łaty.
8. Po ułożeniu ciągłej izolacji cieplnej należy następnie osłonić ją warstwą folii rozdzielczej (wywiniętej na ściany i obwodowe paski izolacji).



9. Na warstwę folii nanosi się w dalszej kolejności wylewkę i rozprawia równomiernie po podłożu łątą.



10. Paski obwodowej izolacji i folii wystające ponad poziom wylewki należy obciąć równo z wylewką.



Uwaga:

Obwodowa izolacja, oddzielająca podłogę pływającą od ścian, powinna zawsze sięgać do wierzchu wszystkich warstw podłogowych.

Jeśli więc podłoga betonowa jest, np. w pomieszczeniach piwnicznych tylko malowana, to izolacja obwodowa może być przycięta do poziomu wylewki.

7.2. Izolacja akustyczna stropów i podłóg

Hałas staje się w ostatnim czasie jednym z największych zagrożeń dla naturalnego środowiska człowieka. W ogromnym stopniu są na niego narażeni ludzie w budynkach mieszkalnych w dużych, ale także i w małych miastach. Około 60% ludzi skarży się dziś na hałas, twierdząc, że w sposób znaczący zakłóca ich życie. Nierzadko dochodzi do ciężkich uszczerbków na zdrowiu w efekcie długotrwałej ekspozycji na hałas.

Dawniej projektowanie i realizacja budynków mieszkalnych podporządkowane były głównie wskaźnikom gospodarczym, dziś na pierwszy plan wysuwa się konieczność poprawy jakości życia we współczesnych budynkach. Mówi się nawet o przywróceniu mieszkaniu jego funkcji regeneracyjnych i wypoczynkowych, jako o najważniejszym zadaniu dzisiejszego budownictwa.

Izolacja akustyczna takich elementów budynku, jak podłogi, stropy i ściany, pozwala chronić ludzi przed niebezpiecznym wpływem hałasu zewnętrznego.

Hałasem nazywany jest każdy dźwięk, który w jakikolwiek sposób jest odbierany jako przeszkadzający i męczący. Ze względu na sposób i środowisko przenoszenia się dźwięku rozróżnia się **dźwięki powietrzne, wodne i materiałowe**.

Odgłos kroków, przesuwania mebli po podłodze to szczególna forma dźwięków materiałowych. Skuteczne zaizolowanie stropów na takie dźwięki jest możliwe wtedy, gdy rozpoczyna się je już w fazie projektowej, a nie dopiero wtedy, gdy hałas zaczyna dokuczać mieszkańcom.

Sposoby tłumienia dźwięków materiałowych

Najprostszym sposobem powiększania izolacyjności akustycznej stropów jest zwiększanie ich masy poprzez pogrubianie, stosowanie ciężkich materiałów, itp. Jest to jednak działanie bardzo kosztowne i komplikujące niepotrzebnie konstrukcję budynku. Znacznie skuteczniejszym sposobem uzyskania odpowiedniej izolacyjności stropu jest zastosowanie dwuwarstwowego układu, podłogi oddzielonej od konstrukcji nośnej, nazywanego powszechnie podłogą pływającą.

Podłoga pływająca wymaga więc ułożenia na konstrukcji nośnej stropu trwałej i bardzo elastycznej warstwy izolacji akustycznej, oddzielającej we wszystkich miejscach (również przy ścianach, ościeżnicach, rurach instalacyjnych) wylewkę cementową lub anhydrytową, stanowiącą podkład pod warstwę podłogową.

Podnoszenie komfortu wewnątrz mieszkalnych wymaga od projektantów, architektów, a także użytkowników sięgania po oferowane na rynku nowoczesne materiały i systemy budowlane. Wysokie wymagania ochrony akustycznej mogą być w pełni zrealizowane tylko poprzez wykorzystanie wyspecjalizowanych materiałów o dobrej jakości.

Elastyczna izolacja podłogi pływającej musi sprostać bardzo wysokim wymaganiom technicznym, aby cały układ spełniał swoje zadanie i nie ulegał szybkiemu starzeniu. Dla trwałości izolacji akustycznej stropu decydujące znaczenie ma jej wytrzymałość na ściskanie pod długotrwałym obciążeniem oraz utrzymanie wymaganych właściwości izolacyjnych w warunkach zawilgocenia.

Styropianowe płyty izolacyjne, charakteryzujące się, dzięki specjalnej obróbce plastycznej, dużą elastycznością, mają bardzo korzystne właściwości akustyczne. Dzięki niskiej cenie i dużej skuteczności tłumienia dźwięków materiałowych są już od dawna najchętniej stosowanym na świecie materiałem do akustycznego izolowania budynków.

Stosowanie elastycznych płyt styropianowych izolacji akustycznej pozwala na zrealizowanie lub nawet przekroczenie wymagań ochrony akustycznej zawartych w normie PN-B-02151-3:1999 „Ochrona przed hałasem w budynkach - izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych”.

Podstawowym parametrem charakteryzującym materiał izolacji akustycznej jest sztywność dynamiczna, której jednostką jest N/cm^3 lub MN/m^3 .

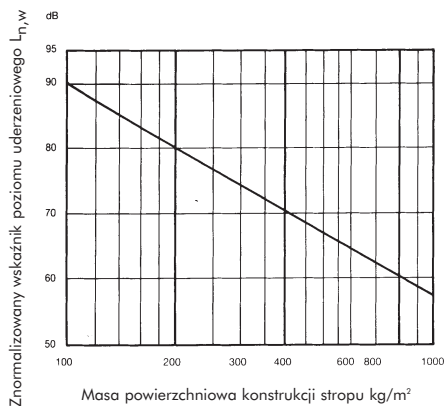
Uproszczony sposób oceny izolacyjności akustycznej stropu:

1. Obliczenie masy konstrukcji nośnej stropu przypadającej na jednostkę powierzchni i oszacowanie jej właściwości akustycznych (ważony, znormalizowany wskaźnik poziomu uderzeniowego) z wykresu nr 1.
2. Obliczenie masy powierzchniowej warstwy wylewki i odczytanie wskaźnika poprawy izolacyjności od dźwięków uderzeniowych, za-

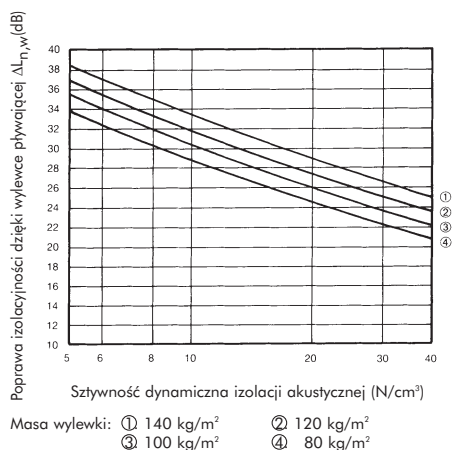
- leżnie od sztywności dynamicznej płyt styropianowych z wykresu nr 2.
3. Od wskaźnika dla konstrukcji nośnej stropu odejmuje się wartość wskaźnika poprawy izolacyjności dla wylewki. Uzyskany wynik powinien być co najmniej o 3 dB niższy niż wartość maksymalna podana w tabeli na stronie 41.

Obok uproszczonych procedur obliczeniowych istnieją również programy komputerowe, które obliczają akustyczne charakterystyki izolacyjne stropów po wprowadzeniu danych o budowie i właściwościach fizycznych poszczególnych warstw.

Wykres nr 1



Wykres nr 2



Wymagana izolacyjność akustyczna stropów wg PN-B-02151-3:1999	Maksymalna wartość wskaźnika poziomu uderzeniowego $L'_{n,w}$ [dB]
Mieszkania w budynku wielorodzinnym	58
Strop między mieszkaniem a korytarzem	53
Budynki jednorodzinne bliźniacze i szeregowe	53
Pokoje hotelowe, zależnie od kategorii	58 - 63
Żłobki, przedszkola, sale dla dzieci	63
Szkoły, sale lekcyjne	63
Pokoje w domach studenckich	63
Pokoje chorych w szpitalach	63
Budynki administracyjne	63

Charakterystyka akustyczna przykładowych płyt styropianowych

Grubość warstwy styropianu w podłodze pływającej (wartość bez obciążenia statycznego)*	Wskaźnik ΔL_w , dB	Klasa akustyczna
17mm	19	PP-18
30mm	26	PP-23

* Grubość wylewki cementowej 50mm

Dokładne wartości parametrów akustycznych wszystkich typów płyt i grubości powinny być podawane przez producenta materiału.

Styropianowe płyty tłumiące dźwięki uderzeniowe charakteryzują się szczególnie niskim odkształceniem pod długotrwałym obciążeniem i przekraczają w tym względzie na korzyść wymagania stawiane materiałom do podłóg pływających.

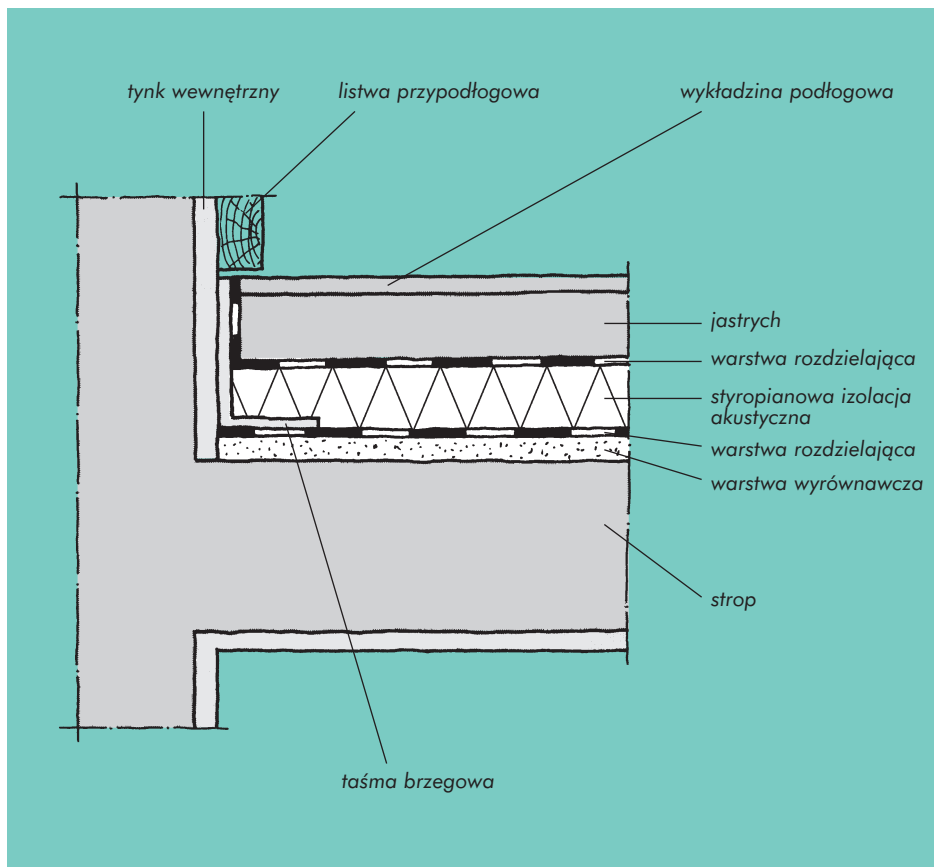
W praktyce odkształcenie płyt styropianowych pod obciążeniem nie przekracza zwykle 3mm.

Najważniejszym warunkiem poprawnego funkcjonowania przeciwuderzeniowej izolacji stropu jest unikanie mostków akustycznych, jakie mogą powstać między wylewką a ścianami.

Zalety styropianowej izolacji akustycznej:

- bardzo dobra relacja między jakością a ceną
- odporność na duże obciążenia mechaniczne
- ograniczone odkształcenie przy obciążeniach długotrwałych
- odporność na zawilgocenie
- łatwe pod każdym względem układanie.

Strop międzypiętrowy z izolacją akustyczną



Styropianowe płyty izolacji akustycznej są produkowane w podstawowym formacie 1000 x 500mm. Oprócz zwykłej informacji o grubości płyt producenci podają również docelową grubość izolacji pod długotrwałym obciążeniem użytkowym. Typowe grubości płyt tłumiących dźwięki uderzeniowe, które są już oferowane na polskim rynku, to: 17/15, 22/20,

27/25, 30/27, 33/30, 38/35, 43/40 mm, (wartość pierwsza to grubość bez obciążenia, druga pod obciążeniem).

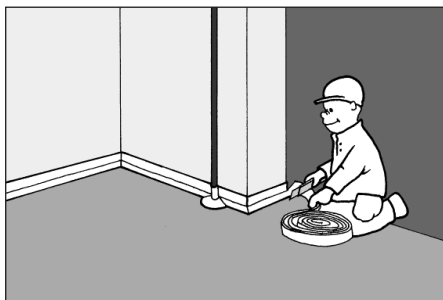
Płyty izolacji akustycznej są samogasnące i mogą jednocześnie pełnić funkcję izolacji termicznej.

Strop międzypiętrowy z izolacją akustyczną - układanie izolacji

1. Przed rozpoczęciem prac związanych z układaniem izolacji akustycznej należy dokładnie oczyścić ze wszelkich zanieczyszczeń powierzchnię konstrukcji nośnej stropu. Wystające nierówności betonu, pręty zbrojeniowe czy wreszcie placki zaprawy muszą być usunięte z podłoża. Gdy zajdzie potrzeba można również zastosować wyrównawczą warstwę z podsypki piaskowej. W dalszej kolejności układana jest izolacja rozdzielcza (np. z folii polietylenowej) z co najmniej 10-centymetrowym zakładem między kolejnymi pasami materiału.



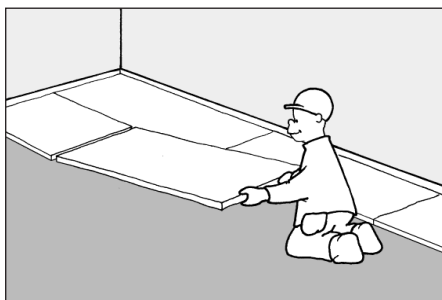
2. Dookoła ścian należy umieścić paski izolacji obwodowej (specjalna taśma narożnikowa lub paski cienkiego styropianu), która oddzieli podłogę pływającą od ścian.



3. Płyty styropianowe rozkładane są rzędami, zaczynając od narożnika.

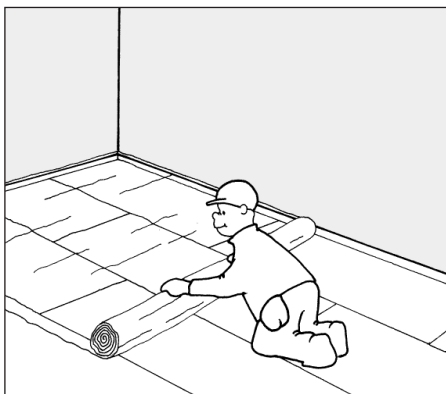
4. Płyty należy wzajemnie dociskać do siebie, aby uniknąć powstawania mostków akustycznych.

5. Połączenia płyt w poszczególnych rzędach powinny być wzajemnie przesunięte tak, aby nie dochodziło do spoin krzyżowych. W tym celu co drugi rząd rozpoczynany jest od półki płyty.

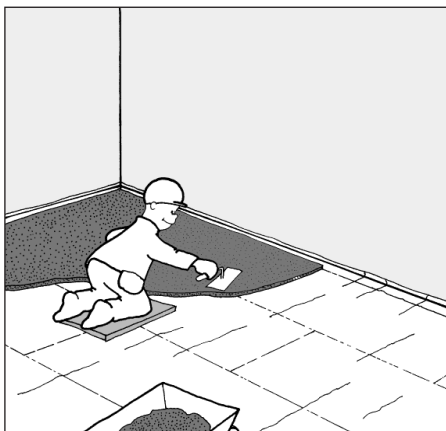


Strop międzypiętrowy z izolacją akustyczną - układanie izolacji

6. Po ułożeniu pełnej warstwy izolacji akustycznej ponownie przykrywa się ją folią rozdzielczą. Wymagane są 10-centymetrowe zakłady między pasami folii oraz wywinięcie na ściany, przynajmniej do poziomu górnej krawędzi pasków izolacji obwodowej.



7. Kończącym etapem jest wykonanie wylewki na warstwach izolacyjnych. Minimalna grubość wylewki w podłodze pływającej: 50mm.



Jeśli oprócz wymagań akustycznych strop musi spełnić również dodatkowe wymagania izolacyjności cieplnej, to na warstwie izolacji akustycznej rozkłada się, z przesunięciem spoin, dodatkową warstwę styropianu odmiany EPS 100 038 DACH/PODŁOGA (PS-E FS 20) o wymaganej grubości.

Przy remontach, zwłaszcza w zamieszkałych budynkach, można bezpośrednio na izolacji akustycznej układać płyty wiórowe, łączone na pióro i wpust. Stanowią one wtedy wygodny podkład pod wykładziny podłogowe.

W ten sposób powstaje kompletna, równa, odporna na obciążenia podłoga - przy bardzo małej, jednocześnie, grubości całego stropu.

7.3. Strop ostatniej kondygnacji - układ warstw

Strop ostatniej kondygnacji

Zalecana odmiana izolacji

pod wylewką

**EPS 100 038
DACH/PODŁOGA
(PS-E FS 20)**

bez wylewki

PS-E FS 15

Zalecana grubość

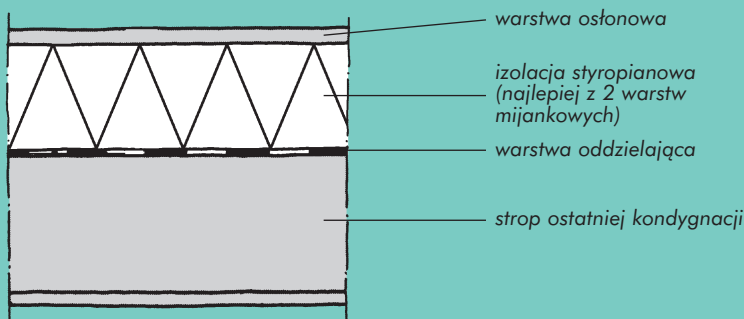
240mm

250mm

Straty ciepłe przez strop nad ostatnią ogrzewaną kondygnacją budynku mogą dochodzić nawet do 25%.

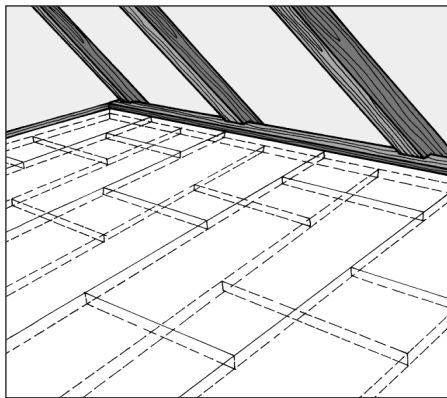
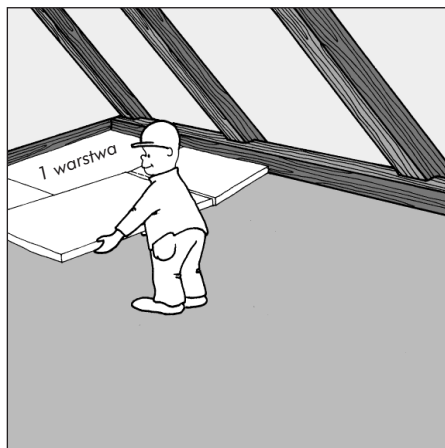
Jeśli poddasze budynku nie jest wykorzystywane do celów mieszkalnych, to umieszczanie izolacji termicznej między krokiewiami lub pod krokiewiami nie ma sensu. Znacznie łatwiejsze jest wtedy umieszczenie izolacji termicznej na stropie ostatniej kondygnacji, w podłodze strychu. Izolacja z płyt styropianowych ułożona na stropie może mieć dowolną grubość, jest ciężka i łatwa nawet do samodzielnego wykonania przez mieszkańca budynku.

Jeśli izolacja jest osłaniana od góry warstwą wylewki, to należy stosować odmianę styropianu o większej gęstości i równocześnie większej wytrzymałości na ściskanie.



Strop ostatniej kondygnacji - układanie izolacji

1. Powierzchnię konstrukcji nośnej stropu należy dokładnie oczyścić, usunąć wszystkie wystające elementy i rozłożyć izolację rozdzielczą.
2. Korzystniejsze jest złożenie izolacji termicznej z dwóch warstw, zamiast tylko z jednej, w ten sposób bowiem unika się szczelin powietrznych przechodzących przez całą grubość izolacji.
3. Płyty styropianowe układa się rozpoczynając od narożnika, dokładnie dosuwając je do siebie. Ostatnią płytę w każdym rzędzie docina się na żądany wymiar ostrym nożem lub piłką z drobnymi ząbkami.
4. Należy unikać nakładania się spoin między płytami w poszczególnych rzędach. W tym celu, drugi rząd rozpoczyna się układać od połówki płyty, trzeci ponownie jest rozpoczynany od całej płyty, itd.
5. Przy dwuwarstwowej izolacji termicznej z przesuniętymi spoinami płyt, płyty ochronne lub wylewka znajdują się tylko w warstwie górnej.



8. Zewnętrzne izolowanie ścian - metoda lekka mokra

Wszystkie składniki i materiały do zewnętrznego izolowania ścian, takie jak masa klejąca i gruntująca, siatka zbrojeniowa, tynk zmodyfikowany, muszą być dopasowane do siebie pod względem mechanicznym i chemicznym, a więc muszą stanowić spójny system. W użyciu powinny się znajdować jedynie te systemy, które zostały oficjalnie dopuszczone na polski rynek, są dostatecznie wypróbowane i kompletne. Tylko takie systemy mogą zagwarantować użytkownikowi odpowiednią jakość i trwałość. Przypadkowo składane materiały z różnych systemów ociepleń, najczęściej w poszukiwaniu najniższej ceny, nie dają pewności, co do technicznej jakości izolacji i jej trwałości.

Do zewnętrznego izolowania ścian stosuje się styropian odmiany EPS 70 040 FASADA, EPS 80 036 FASADA (PS-E FS 15), o gęstości pozornej powyżej 15 kg/m^3 , dzięki której płyty uzyskują odpowiednią wytrzymałość mechaniczną. Konieczne jest sezonowanie styropianu, aby wyeliminować całkowicie efekty skurczu technologicznego.

Wszystkie systemy zewnętrznego izolowania ścian, obecne na polskim rynku budowlanym, muszą posiadać „Aprobatę techniczną”, wydawaną przez Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie.

Optymalna grubość styropianowej izolacji termicznej powinna być dobierana każdorazowo do faktycznych cech zewnętrznej powłoki budynku i sposobu jego eksploatacji. Każdy poważny dystrybutor systemów izolacyjnych jest w stanie w krótkim czasie wyliczyć potrzebną grubość materiału izolującego lub docieplającego.

Wszystkie elementy sprawdzonych systemów zostały dobrane na podstawie długotrwałych doświadczeń i badań laboratoryjnych tak, aby uzyskać poprawne funkcjonowanie fizyczne całości.

Przykład możliwego oszczędzania energii

W ciągu całego sezonu ogrzewczego przez 1m^2 otynkowanej ściany zewnętrznej tracona jest ilość ciepła odpowiadająca:

- gdy nie ma izolacji termicznej (współczynnik przenikania ciepła $U=1.33\text{ W/m}^2\text{K}$):

20 m^3 gazu ziemnego

- z izolacją cieplną ze styropianu o grubości 10cm (współczynnik $U=0.33\text{ W/m}^2\text{K}$):

5.4 m^3 gazu ziemnego

Zalety systemu zewnętrznego izolowania ścian styropianem:

- zabezpieczenie przed zamarzaniem rur instalacyjnych prowadzonych w ścianach
- prosta technicznie i opłacalna metoda poprawiania izolacyjności termicznej budynków istniejących, czyli tzw. docieplania
- zmniejszenie emisji toksycznych substancji do atmosfery poprzez obniżenie zużycia energii na ogrzewanie budynków, stanowiące istotny wkład w ochronę środowiska naturalnego.
- oszczędność energii grzewczej dzięki podwyższonej izolacyjności cieplnej
- obniżenie kosztów inwestycyjnych instalacji ogrzewczej i kotła poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na energię
- poprawa jakości mikroklimatu cieplnego i warunków zdrowotnych wnętrza
- zapobieganie uszkodzeniom mechanicznym ściany, dzięki małym wahaniom temperatury w warstwie konstrukcyjnej
- zredukowanie grubości ściany do minimum konstrukcyjnego, umożliwiające lepsze wykorzystanie powierzchni zabudowy (przy 100m^2 zabudowy można w porównaniu do ściany tradycyjnej oszczędzić ok. 4m^2 powierzchni mieszkalnej)

Izolacyjność cieplna wybranych ścian zewnętrznych

Przykłady oszczędności na kosztach ogrzewania dla różnych wariantów ścian i grubości izolacji w odniesieniu do 1m² powierzchni ściany

Budowa ściany	Grubość [m]	Gęstość [kg/m ³]	Przewodność cieplna [W/mK]	U [W/m ² K]	Koszt ogrzewania [zł/m ² /rok]	Oszczędność [zł/m ² /rok]
Tynk zewn. Cegła pełna Tynk wewn.	0.03 0.25 0.02	1850 1800 1850	0.82 0.77 0.82	1.82	39.50	
+ 5 cm EPS				0.56	12.16	27.34
+ 6 cm EPS				0.49	10.64	28.86
+ 7 cm EPS				0.43	9.33	30.17
+ 8 cm EPS				0.39	8.47	31.03
+ 9 cm EPS				0.36	7.81	31.69
+ 10 cm EPS				0.33	7.16	32.34
Tynk zewn. Pustak MAX Tynk wewn.	0.03 0.29 0.02	1850 920 1850	0.87 0.50 0.87	1.25	27.13	
+ 5 cm EPS				0.49	10.64	16.49
+ 6 cm EPS				0.43	9.33	17.80
+ 7 cm EPS				0.39	8.47	18.66
+ 8 cm EPS				0.36	7.81	19.32
+ 9 cm EPS				0.33	7.16	19.97
+ 10 cm EPS				0.30	6.51	20.62
Tynk zewn. Beton komórkowy Tynk wewn.	0.03 0.24 0.02	1850 500 1850	0.87 0.25 0.87	0.85	18.45	
+ 5 cm EPS				0.41	8.90	9.55
+ 6 cm EPS				0.37	8.03	10.42
+ 7 cm EPS				0.34	7.38	11.07
+ 8 cm EPS				0.31	6.73	11.72
+ 9 cm EPS				0.29	6.29	12.16
+ 10 cm EPS				0.27	5.86	12.59

Założenia obliczeniowe: 3800 stopnio-dni zapotrzebowania na ogrzewanie, energia elektryczna, koszt jednostkowy 0.238 PLN/kWh.

Izolacyjność cieplna wybranych ścian zewnętrznych

Wykres pozwala na szybkie wskazanie grubości warstwy styropianu EPS 70 040 FASADA, EPS 80 036 FASADA (PS-E FS 15), potrzebnej do uzyskania zadanej wartości współczynnika przenikania ciepła.

Oznaczenia:

U_{obecnie} : bieżąca wartość współczynnika przenikania ciepła ściany, $\text{W/m}^2\text{K}$

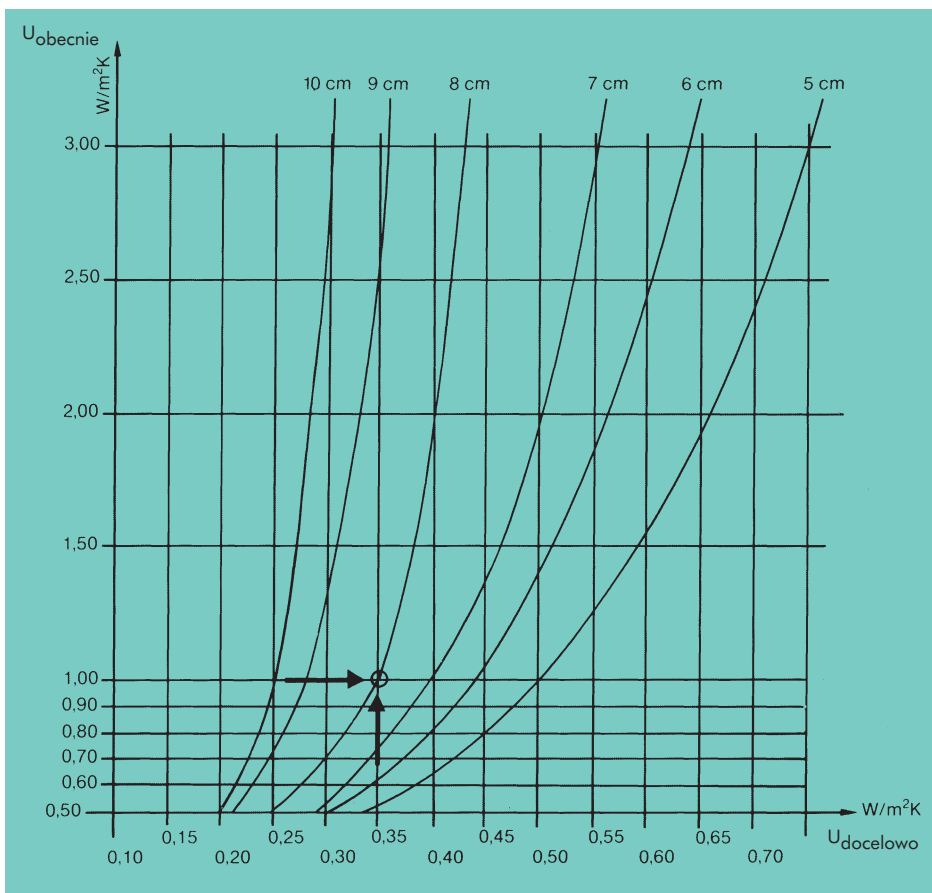
U_{docelowo} : wartość współczynnika przenikania po dodaniu izolacji cieplnej, $\text{W/m}^2\text{K}$

Przykład:

Ściana istniejąca, współczynnik $U_{\text{obecnie}} = 1.00 \text{ W/m}^2\text{K}$

Wartość współczynnika przenikania ciepła po dociepleniu $U_{\text{docelowo}} = 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Konieczna grubość warstwy styropianu: **8cm**.



Energooszczędna fasada

Straty ciepłe przez ściany zewnętrzne budynku, zwłaszcza w budownictwie jednorodzinnych, mają bardzo duży udział procentowy. W przypadku budynków wolno stojących jeszcze większy niż dla domów szeregowych lub bliźniaczych.

Duży wpływ na wielkość tych strat ma oczywiście także zastosowana technologia ścian i ich budowa wewnętrzna. Zbyt niska izolacyjność termiczna ścian powoduje powstanie we wnętrzu budynku niekorzystnego lub wręcz niezdrowego mikroklimatu z jego wszystkimi negatywnymi skutkami, od uciążliwości aż do uszczerbku na zdrowiu mieszkańców.

Kolejne następstwa słabo izolowanych przegród to oczywiście ogromne koszty ogrzewania budynku.

Rozwiązaniem tych problemów jest w dużej mierze system zewnętrznego izolowania elewacji budynków przy użyciu styropianu, stosowany od ponad 30 lat w budownictwie, a obecnie dominujący na polskich budowach. Porównuje się go często do ciepłego ubrania lub dobrej kołdry. Ciągła warstwa izolacji zewnętrznej tworzy ochronną powłokę przed zimą.

Podstawowym składnikiem systemu jest oczywiście styropian, który pozwala bez trudu zrealizować zastrzone wymagania ochrony cieplnej lub nawet je przekroczyć, dążąc do uzyska-

nia ekonomicznie uzasadnionej izolacyjności cieplnej ścian. Odpowiada ona optymalnej grubości izolacji, przy której łączne koszty inwestycji i eksploatacji budynku są minimalne.

Abstrahując od ekonomicznego znaczenia izolacji dla pojedynczego użytkownika, dodatkowym jej efektem jest ograniczanie zapotrzebowania na nośniki energii. Prowadzi to m.in. do zmniejszenia emisji do atmosfery szkodliwych substancji (np. dwutlenku siarki, tlenków azotu), powstających przy spalaniu nośników energii.

Stosowanie w budynkach styropianowej izolacji termicznej jest więc również aktywnym wkładem w ochronę środowiska naturalnego człowieka.

System zewnętrznego izolowania ścian

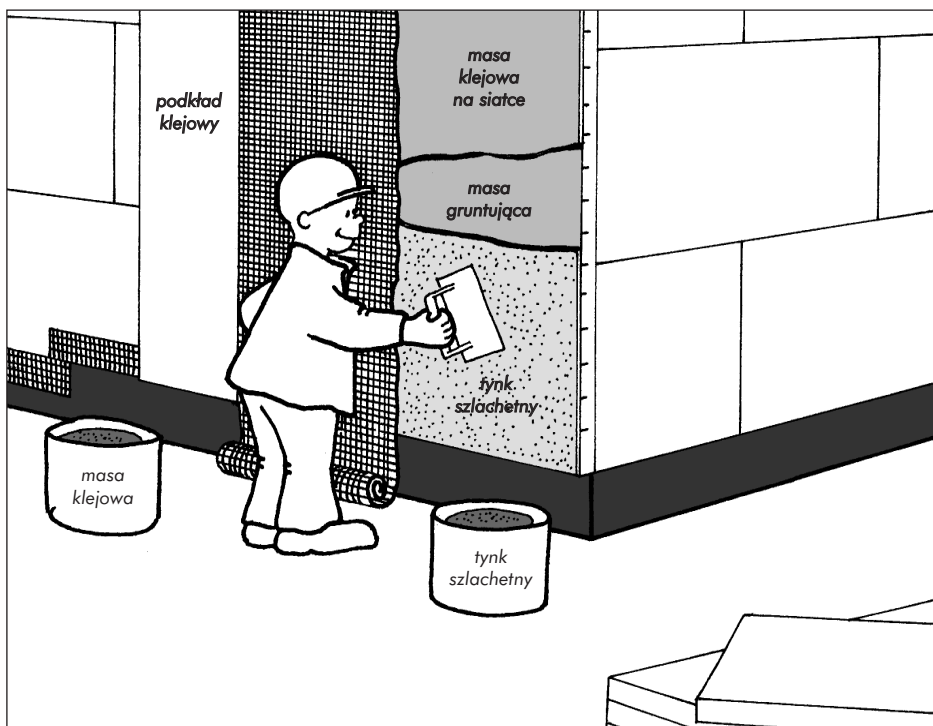


Stosowana odmiana styropianu: EPS 70 040 FASADA, EPS 80 036 FASADA
(PS-E FS 15)

(styropian samogasnący, gęstość 15kg/m³)

Zalecana grubość:

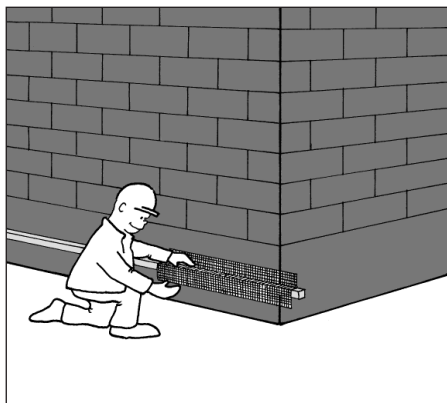
od 80 do 160 mm



Siatka z włókna szklanego jest wklejana pomiędzy warstwy masy klejącej, takiej samej jak ta, która jest używana do mocowania płyt styropianowych do ściany.

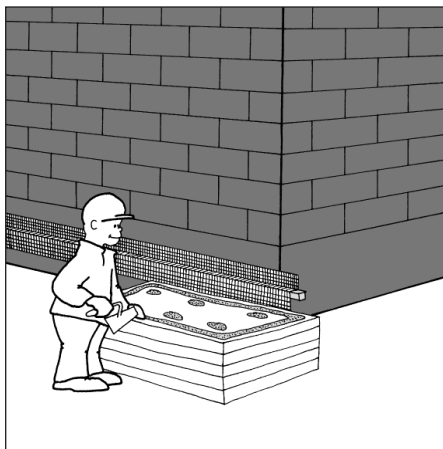
Zasady wykonania izolacji zewnętrznej

1. Powierzchnię ściany, która stanowić będzie podłoże pod warstwy izolacyjne, należy najpierw oczyścić z resztek zaprawy, luźnych kawałków tynku, kurzu, plam oleju, itp. Na powierzchni podłoża nie powinno być również żadnych nalotów lub wykwitów solnych. Przy słabo związanych podłożach należy uprzednio sprawdzić ich przyczepność do warstw konstrukcyjnych i ewentualnie dokonać usunięcia lub wzmocnienia warstwy powierzchniowej.
2. Rozpoczynając układanie izolacji termicznej nie wolno zapominać o wykonaniu dylatacji, czyli kilkucentymetrowej szczeliny między gruntem a pierwszym rzędem styropianu (grunt „pracuje” pod wpływem temperatury, np. mrozu i czasem podnosi się. Gdyby nie dylatacja, parcie na styropian niszczyłoby elewację).
3. Do muru należy w pierwszej kolejności przymocować listwę prowadniczą i przykryć ją następnie siatką zbrojeniową z włókna szklanego. Siatka powinna wystawać na ok. 10cm ponad prowadnicę, od dołu zaś należy ją wy-



puścić na ok. 20cm. Pierwszy rząd płyt izolacyjnych należy oprzeć na prowadnicy. W miejsce listwy prowadniczy można stosować specjalne profile cokołowe, zwykle oferowane z kompletnymi systemami izolacyjnymi.

4. Masę klejącą należy nanosić w postaci ciągłego paska (grubości ok. 15-20 mm) na brzegi płyty styropianowej, a w części środkowej w postaci niewielkich placków (zwykle 6-8 na jedną płytę). Po nałożeniu kleju płytę należy natychmiast docisnąć do ściany, niewielkie przesunięcia są jeszcze wtedy możliwe. Wystające poza obrys płyty resztki masy klejącej należy natychmiast usunąć.

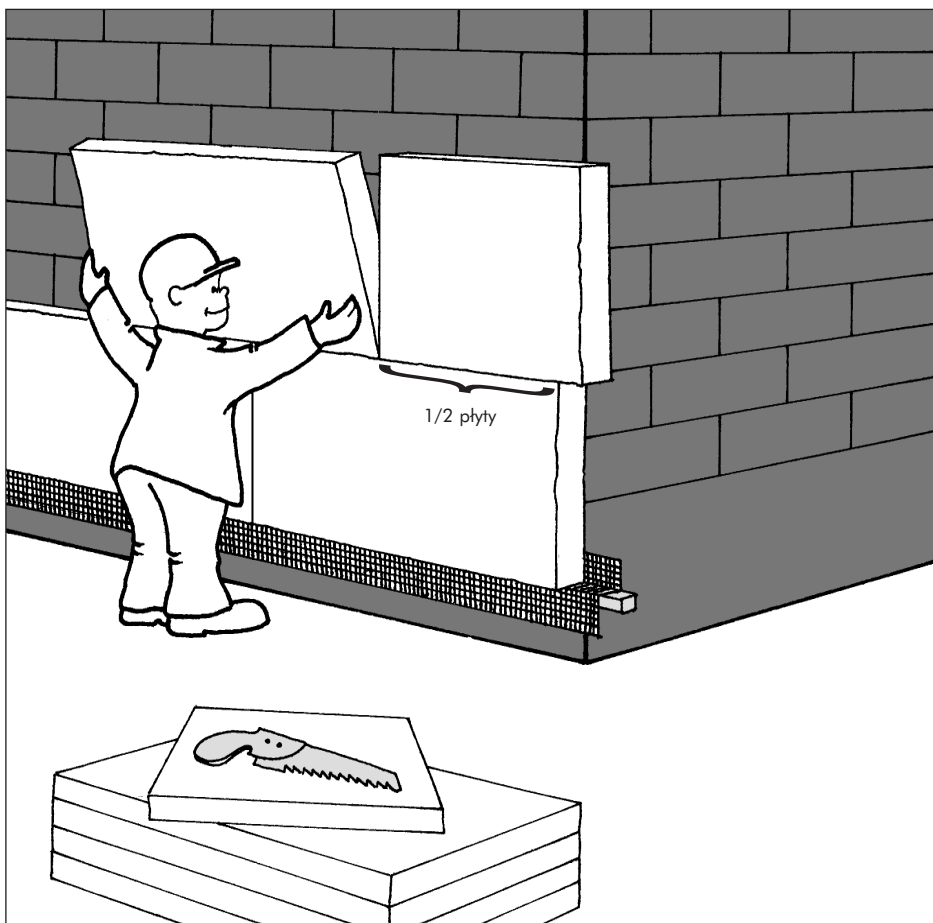


Wskazówka

Zależnie od rodzaju systemu i stosowanych w nim materiałów wiążących konieczne może być również mocowanie płyt styropianowych przy użyciu kołków kotwiących. Mocowanie tego typu niezbędne będzie wszędzie tam, gdzie występuje słabe podłoże.

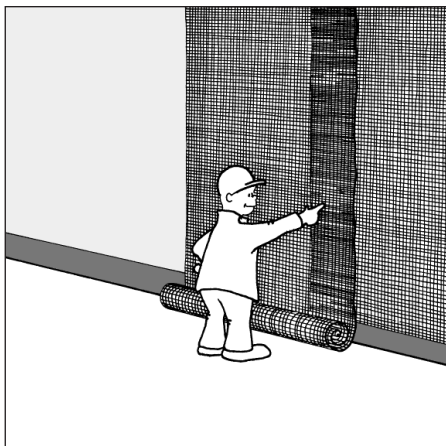
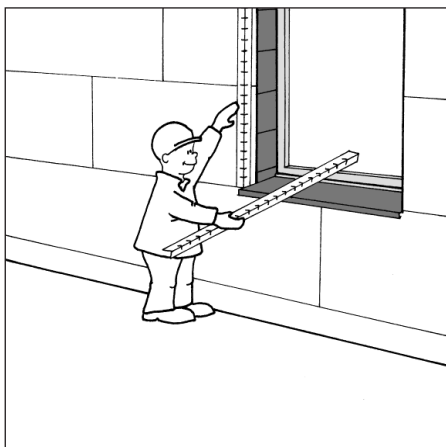
Zasady wykonania izolacji zewnętrznej

5. Należy starannie dociskać płyty wzajemnie do siebie, aby uniknąć powstawania mostków termicznych na stykach.
6. Układanie drugiego rzędu należy rozpocząć od połówki płyty. Przy narożniku płytę należy wysunąć na jej grubość, aby w ten sposób umożliwić wiązanie rzędów na obydwu ścianach.
7. Układanie trzeciego rzędu płyt rozpoczyna się ponownie od całej płyty, aby w ten sposób zapewnić mijanie spoin i dobre wiązanie między poszczególnymi rzędami.
8. Jeśli na powierzchni styku płyt styropianowych wystąpią nierówności, należy je zeszlifować papierem ściernym (ziarnistość 80).

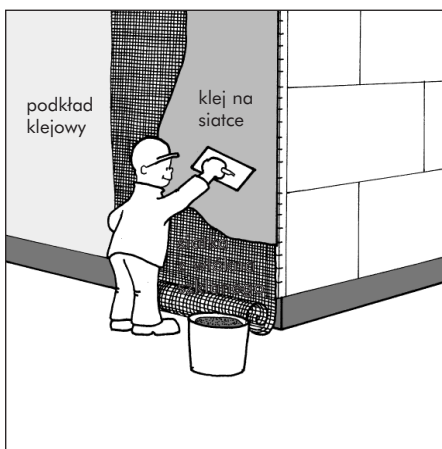


Zasady wykonania izolacji zewnętrznej

9. Na narożnikach budynku, które mogą ulec uszkodzeniu mechanicznemu w czasie użytkowania (wszystkie narożniki na parterze, w otworach okiennych, przy balkonach, itp.) przykleja się metalowe profile ochronne. Po dwóch-czterech dniach wysychania warstwy izolacyjnej (zależnie od warunków atmosferycznych) można przystąpić do wykonywania dalszych prac.



10. Na płyty styropianowe nanosi się warstwę podkładową pod zbrojeniową siatkę szklaną, w postaci grubej na ok. 2mm i szerokiej jak wstęga siatki, warstwy masy klejącej.

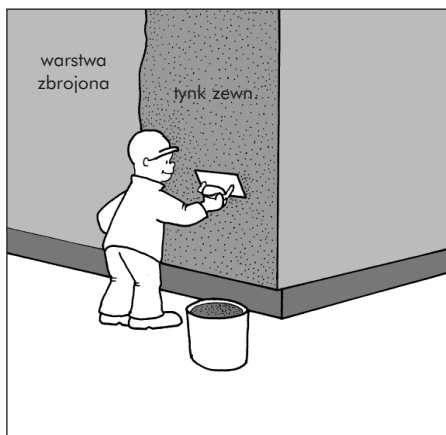


11. Bezpośrednio w świeży klej wciska się, od góry do dołu, pasy siatki zbrojeniowej. Siatka musi być zatopiona w masie klejącej bez fałd i na całej swojej grubości.
12. Drugi pas siatki z włókna szklanego jest układany podobnie jak pierwszy, od góry do dołu, z zakładem na pas sąsiedni ok. 10cm. Siatka powinna zachodzić również na wszystkie narożniki, profile ochronne, itp.
13. Warstwa zbrojąca powinna schnąć przez co najmniej 48 godzin.
14. Na wyschnięte podłoże наносzona jest następnie warstwa gruntująca pod tynk zewnętrzny.

15. Nakładanie tynku zewnętrznego

Zależnie od rodzaju systemu stosowany jest tynk zewnętrzny na bazie żywic syntetycznych albo mineralnych tynków szlachetnych. Tynk наносzony jest na przygotowane wcześniej podłoże metodą „mokre na mokre”, w sposób ciągły, bez przerywania pracy. Nakładanie tynku nie może być prowadzone w czasie deszczu lub przy intensywnym promieniowaniu słonecznym. Zależnie od wymaganego efektu plastycznego, nadaje się tynkowi powierzchniową fakturę drapaną, zacieraną, zmywaną lub natryskową.

Dobierając kolor elewacji należy zwrócić uwagę, że kolor tynku wpływa w istotny sposób na występujące w nim naprężenia termiczne. Im jaśniejszy jest kolor, tym więcej promieniowania słonecznego odbija się od elewacji i tym mniejsze są naprężenia termiczne. Ciemne powierzchnie natomiast intensywnie to promieniowanie absorbują, co może powodować pęknięcia pocienionego tynku.



Trwałość systemu

Systemy zewnętrznego izolowania fasad budynków przy użyciu styropianu, dopuszczone na polski rynek, gwarantują uzyskanie odpowiedniej jakości i trwałości docieplenia, jeśli tylko wykonano je zgodnie z wytycznymi producenta. Skuteczność tego rodzaju układów potwierdzają ponad 30-letnie doświadczenia ze stosowaniem takich systemów na świecie. Pod względem trwałości ściana zaizolowana od zewnątrz styropianem jest porównywalna z typową elewacją wykonaną tynkiem wapienno-cementowym. Ewentualne naprawy ocieplonej elewacji mogą dotyczyć jedynie powierzchniowej warstwy pocienionego tynku i służyć przede wszystkim celom kosmetycznym, materiał izolacji termicznej zachowuje - jak już dobrze sprawdzono - wszystkie swoje właściwości. Warunkiem uzyskania dużej trwałości całego ocieplenia jest jednak bezbłędne wykonawstwo i wzajemna zgodność poszczególnych elementów składowych pod względem mechanicznym i chemicznym.

Pomiary prowadzone w budynkach ocieplanych zewnętrznymi systemami izolacyjnymi wykazują, że tak izolowana ściana, np. z pustaków ceramicznych, ma również wymaganą izolacyjność akustyczną.

Często zewnętrzny system izolowania jest jedyną sensowną możliwością modernizacji starych budynków o zniszczonych elewacjach.

Szczegółowe wytyczne ujęte są w Instrukcji ITB nr 334/96 Ocieplanie ścian zewnętrznych budynków metodą „lekką”.

9. Ściany szczelinowe

Ściana szczelinowa - ściana energooszczędna

Udział strat ciepłych przez ściany zewnętrzne budynku może sięgać nawet 35% całkowitych strat. Styropianowa izolacja ściany szczelinowej może te straty wielokrotnie zredukować. Stąd też ten rodzaj ściany jest powszechnie stosowany na polskich budowach.

W ścianie szczelinowej izolacja termiczna znajduje się pomiędzy dwiema warstwami murowymi. Wewnętrzna warstwa pełni funkcję konstrukcyjną budynku, następnie stosuje się izolację ze styropianu, a od zewnątrz warstwę muru osłonowego lub licowego.

Jako warstwa osłonowa, stosowany jest najczęściej mur ceglany otynkowany od zewnątrz o grubości 1/2 cegły lub z cegły klinkierowej spoinowanej. Obydwie warstwy murowe są łączone ze sobą stalowymi kotwami, zapewniającymi przeniesienie obciążeń poziomych od muru osłonowego, albo przemurowane na wylot warstwą cegieł (ten sposób jest gorszym rozwiązaniem pod względem ochrony cieplnej).

Warstwa izolacyjna

Możliwe są dwa sposoby wykonania izolacji w ścianie warstwowej:

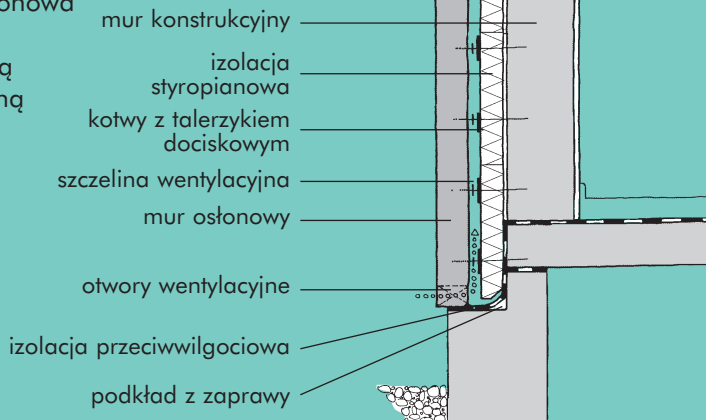
1. Płyty styropianowe wypełniają całą przestrzeń między warstwami murowymi.
2. Między płytami styropianowymi a zewnętrzną warstwą osłonową pozostawiona jest szczelina powietrzna.

W ścianie szczelinowej ograniczenie rozstawu murów zewnętrznych wynika ze względów statycznych i powinno być brane pod uwagę w obliczeniach projektowych.

Ściany szczelinowe mają bardzo dobre właściwości akustyczne, a materiał izolacji termicznej jest dobrze chroniony przed wpływami środowiska zewnętrznego przez masywną i szczelną warstwę okładzinową.

Przykład:

Ściana osłonowa
z klinkieru
ze szczeliną
wentylacyjną



Izolacja rdzeniowa	EPS 50 042 (PS-E FS 12)	EPS 70 040 FASADA, EPS 80 036 FASADA (PS-E FS 15)
Grubość ($U=0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$)	110mm	100mm
Grubość ($U=0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$)	180mm	170mm

Obliczenia cieplne dla układu warstw jak na rysunku
(przebieg obliczeń jak w przykładach na str. 17 i 21)

Tynk wewnętrzny	1.5cm	$0.015/0.7 = 0.02 \text{ m}^2\text{K/W}$
Pustak ceramiczny	29cm	$0.29/0.50 = 0.58 \text{ m}^2\text{K/W}$
Styropian EPS 50 042 (PS-E FS 12) 15cm		$0.15/0.042 = 3.57 \text{ m}^2\text{K/W}$
Szczelina wentylowana		-
Warstwa osłonowa		-
Suma oporów cieplnych	R_T	$= 4.17 \text{ m}^2\text{K/W}$
Współczynnik przenikania ciepła	U	$= 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$

Dodatkowa izolacja cieplna jest zbędna

Zalety ściany szczelinowej z izolacją styropianową są związane głównie z miejscem ułożenia termoizolacji.

Warstwa izolacji przylega ściśle od zewnątrz do muru konstrukcyjnego, chronić go w ten sposób przed zewnętrznymi wahaniami temperatury.

Zbyteczne jest również w tym przypadku dodatkowe izolowanie wnęk grzejnikowych lub kaset zawierających żaluzje okienne.

Możliwe jest natomiast poprawianie izolacyjności cieplnej ściany istniejącej poprzez wdmuchiwanie do szczeliny między warstwami murowymi granulek styropianowych przez nawiercone otwory.

Trwałość izolacji

Izolacja styropianowa w ścianie warstwowej musi nie tylko spełniać aktualne wymagania izolacyjne, ale również powinna charakteryzować się odpowiednią trwałością.

Styropian, jako materiał izolacji termicznej, charakteryzuje się całkowitą stabilnością kształtu i właściwości. Płyty styropianowe nie zmieniają swoich wymiarów, nie pęcznieją i są całkowicie odporne na zawilgocenie.

Ściana ze szczeliną powietrzną wentylowaną jest zaprojektowana zgodnie z fizyką budowli i dzięki temu jej funkcjonowanie jest wolne od problemów związanych z kondensacją pary wodnej. Mur konstrukcyjny osłonięty styropianową warstwą izolacyjną, pozbawioną szczelin i mostków cieplnych, nie jest narażony na zawilgocenie i wahania temperatury.

Zalety izolacji styropianowej w ścianie szczelinowej:

- poprawne właściwości izolacyjne pod względem fizykalnym, wyrównana temperatura i komfortowy mikroklimat we wnętrzu
- odporność na zawilgocenie i uszkodzenia mechaniczne podczas budowy
- możliwość dopasowania grubości materiału izolacyjnego do wymagań w tym zakresie
- zbyteczność dodatkowej izolacji wnek grzejnikowych, itp.
- możliwość konstruowania ściany bez lub ze szczeliną wentylowaną
- możliwość dodatkowej izolacji ścian starych budynków poprzez dołożenie nowej warstwy
- możliwość dodatkowego izolowania ścian dwuwarstwowych poprzez wdmuchiwanie granulek styropianowych
- ciągła warstwa izolacyjna, wolna od mostków termicznych dzięki temu, iż płyty nie zmieniają wymiarów i nie ulegają osadzeniu.

Przykład możliwych oszczędności energii

Roczne zapotrzebowanie na gaz w odniesieniu do 1m² ściany szczelinowej:

mury bez izolacji (współczynnik przenikania ciepła $U = 1.33$ W/m²K):

ok. 14 m³ gazu

z ekonomicznie uzasadnioną styropianową izolacją o grubości 12cm, bez szczeliny wentylowanej (współczynnik przenikania ciepła $U = 0.30$ W/m²K):

ok. 3 m³ gazu

Komfort w liczbach

Z powyższego przykładu można łatwo obliczyć, jakie oszczędności energii i związanych z nią kosztów można osiągać rok po roku, stosując skuteczną izolację cieplną. Z przykładu trudno natomiast wyliczyć, ale za to można sobie łatwo wyobrazić, jak poprawia się mikroklimat ciepły w dobrze zaizolowanym wnętrzu.

Na zewnątrz może padać deszcz lub śnieg, może grzmieć, a za energooszczędną ścianą zawsze ciepło, sucho i cicho.

10. Styropianowe pustaki izolacyjno-szalunkowe

Od wielu lat znane są również w naszym kraju systemy wznoszenia ścian zewnętrznych budynków ze styropianowych pustaków, które pełnią w trakcie budowy funkcję tzw. szalunku traconego dla żelbetowej ramy konstrukcyjnej, a w trakcie eksploatacji budynku stanowią izolację termiczną przegrody. Kształtki o całkowitej grubości 25cm pozwalają na uzyskanie w ich wnętrzu nośnych elementów żelbetowych lub betonowych o grubości średnio 15cm oraz dwóch warstw zewnętrznej i wewnętrznej okładziny termoizolacyjnej o łącznej grubości 10cm i dodatkowo przewiązanych styropianem. Dzięki temu średni współczynnik przenikania ciepła ścian w takich systemach jest niższy od 0.30 W/m²K. System tego typu pozwala na wznoszenie budynków do wysokości 25m, o zróżnicowanym charakterze i obciążeniach użytkowych. Dobór przekrojów słupów nośnych oraz ich zbrojenia odbywa się stosownie do faktycznych potrzeb w projekcie konstrukcyjnym obiektu.

Podstawowe rodzaje kształtek tworzące system tego typu to, np.:

- pustak podstawowy, prosty stanowiący główny element ściany płaskiej
- pustak nadprożowy, zwykle w kształcie litery U
- pustaki zawiasowe, pozwalające na realizację załamania ścian pod dowolnym kątem w zakresie od 0 do 90°
- pustaki korekcyjne wysokości
- pustaki wieńcowe, itp.
- kształtki dachowe, pod dachówkę, mocowane bezpośrednio do krokwi.

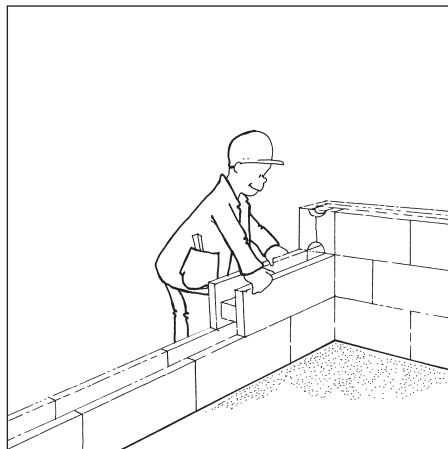
Do zewnętrznego wykończenia ścian z kształtek styropianowych stosuje się tynki cienkowarstwowe zbrojone siatką z włókna szklanego, ale także okładziny z cegły klinkierowej, ceramicznej, wapienno-piaskowej, drewna lub tworzyw sztucznych. Powierzchnie wewnętrzne najczęściej wykańcza się płytami gipsowo-kartonowymi, klejonymi bezpośrednio do styropianu. Instalacje elektryczne, wodne i kanalizacyjne mogą być prowadzone w wewnętrznej warstwie styropianowej, przed przyklejeniem płyt gipsowych. Mocowanie stolarki okiennej oraz zawieszanie na ścianach ciężkich elementów wyposażenia realizuje się przy użyciu kołków rozporowych sięgających do rdzenia betonowego ściany.

Dzięki różnorodności kształtów możliwe jest bardzo szybkie wznoszenie jednorodnej pod względem technologii ściany, łączenie jej z dowolnymi ściankami wewnętrznymi i stropami.

Zastosowanie styropianowych pustaków pozwala również:

- ograniczyć zużycie energii grzewczej w trakcie eksploatacji budynku dzięki skutecznej i ciągłej izolacji termicznej ścian i dachu
- obniżyć materiałochłonność, koszty transportu oraz energochłonność procesu budowy obiektu
- ograniczyć znacznie ilość odpadów oraz zużycie tradycyjnych materiałów szalunkowych
- ograniczyć niezbędne wyposażenie w narzędzia
- zredukować nakłady robocizny przy wznoszeniu ścian, izolowaniu dachu
- obniżyć koszty inwestycyjne w porównaniu np. z ceramiczną ścianą warstwową.

Wielu inwestorów wybiera tę technologię wznoszenia ścian ze względu na możliwość samodzielnego wykonawstwa. Wystarcza bowiem krótkie szkolenie i fachowe doradztwo przedstawicieli firm produkujących tego typu systemy, aby własnoręcznie wznieść ściany swojego domu.



11. Docieplanie ścian budynków metodą lekką suchą

Najbardziej rozpowszechniony sposób mocowania izolacji ścian zewnętrznych, polegający na klejeniu i mechanicznym mocowaniu kołkami rozporowymi styropianu, ma wiele zalet, ale także i pewne ograniczenia lub utrudnienia. Wymaga stosowania dobrych jakościowo i zgodnych pod względem struktury chemicznej mas klejących i tynku, fachowego wykonawstwa, dobrych warunków atmosferycznych i wreszcie dodatnich temperatur powietrza zewnętrznego. W ogólnym koszcie docieplenia udział materiału izolacyjnego jest stosunkowo niewielki, decydujący wpływ mają materiały pozostałe.

Z wymienionych wyżej względów niektórzy inwestorzy chętnie więc sięgają do innych metod mocowania warstwy styropianowej izolacji, np. metody lekkiej suchej.

Przebieg prac w tej metodzie jest następujący:

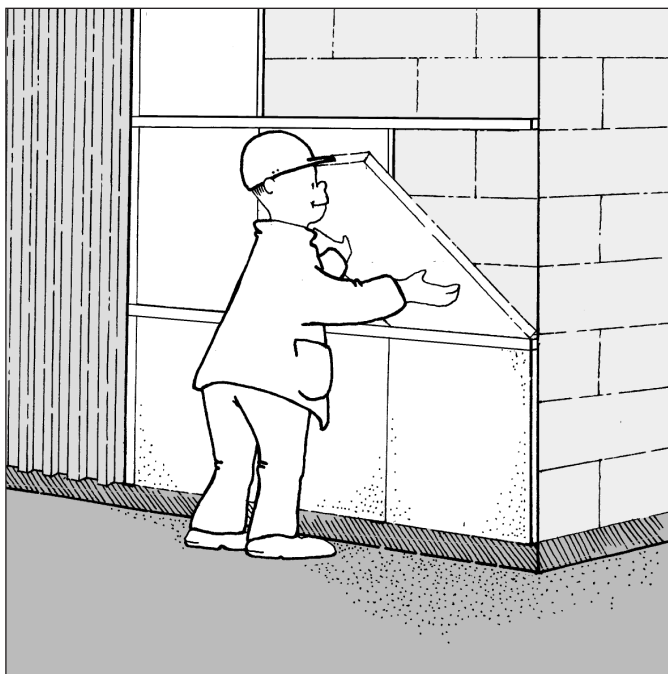
1. Mocowanie do ściany budynku poziomych i ewentualnie stężających lub dystansujących, pionowych elementów rusztu konstrukcyjnego drewnianego, stalowego lub z tworzyw sztucznych przy użyciu kołków rozporowych; w praktyce stosowane są różnego rodzaju ruszty specjalnie produkowane w tym celu, a często również najprostsze układy z impregnowanych łat drewnianych.
2. W przestrzeniach pomiędzy gałęziami rusztu umieszczany jest styropian, szczelnie wpasowany w ruszt i zamocowany przy użyciu kołków kotwiących ze specjalnymi talerzykami dociskowymi; szczelne dopasowanie styropianu gwarantuje ciągłość izolacji i skuteczność ochrony cieplnej przegrody, a także ochronę przed przewiewaniem.
3. Do rusztu mocowana jest następnie warstwa osłonowa izolacji w postaci np. wąskich, poziomych elementów z tworzywa sztucznego (tzw. siding'u), impregnowanych desek drewnianych, płyt ligno-cementowych, blachy fałdowej lub trapezowej, itp.
4. Pomiędzy warstwą osłaniającą (zwłaszcza szczelną) a styropianem należy pozostawić szczelinę powietrzną otwartą u dołu i u góry ściany, aby umożliwić ruch powietrza w tej szczelinie i usuwanie spod szczelnej okładziny pary wodnej dyfundującej z wnętrza pomieszczenia.

Zalety tej metody docieplania budynków to niewątpliwie:

- prosty montaż, często podejmowany samodzielnie przez właścicieli małych budynków
- niezależność wykonawstwa od warunków atmosferycznych
- niski koszt.

Niedogodnością tej metody może być natomiast obniżenie oporu cieplnego docieplenia przez materiał rusztu.

Użycie styropianu, jako materiału izolacji termicznej w metodzie lekkiej suchej, jest szczególnie korzystne ze względu na szczelność strukturalną tego materiału na przewiewanie oraz jego pełną odporność na zawilgocenie.



12. Mostki termiczne w przegrodach budowlanych

W ostatnich latach obserwować można ogromny wzrost zainteresowania technologiami i materiałami zapewniającymi skuteczną ochronę cieplną budynków. Nie jest to jedynie efekt zaostreżenia przepisów lub sankcji służących do ich egzekwowania, ale autentyczna zmiana motywacji użytkowników. Powstały w ten sposób popyt na budownictwo energooszczędne jest zaspokajany w sposób nieco przypadkowy bez kompleksowej podaży zweryfikowanych rozwiązań i technologii oraz przy agresywnej reklamie. Nie towarzyszy temu natomiast intensywna akcja edukacji projektantów, wykonawców i inwestorów w tej dziedzinie. Stąd więc często spotyka się obiekty zaprojektowane i wykonane w sposób niespójny, w których przy relatywnie grubej warstwie izolacji termicznej popełniono szereg błędów dotyczących, np.: kształtowania i orientacji bryły budynku, rozmieszczenia i wielkości okien, ciągłości termoizolacji w węzłach konstrukcyjnych, itp.

Paradoksalnie, właśnie przy dobrze izolowanych przegrodach relatywnie duże znaczenie zyskują błędy popełniane przy kształtowaniu detali konstrukcyjnych przegród. Dobrze znane pojęcie „mostków cieplnych” jest u nas najczęściej kojarzone tylko z możliwością wykroplenia pary wodnej w tych miejscach i tzw. przemarzaniem przegród. Mało kto, natomiast, zastanawia się nad zwiększonymi stratami energii

w tych miejscach. Dodatkowe straty ciepła z tego tytułu w znaczący sposób zmieniają bilans cieplny przegrody. Tylko całościowa charakterystyka termiczna przegród zewnętrznych pozwala na pełną ocenę własności izolacyjnych projektowanego obiektu. Tymczasem przyszli użytkownicy otrzymują co najwyżej atrakcyjne informacje na temat wartości miejscowego (zawsze więc najkorzystniejszego) współczynnika przenikania ciepła.

W stosunku do miejscowych wartości współczynnika przenikania ciepła, które wciąż jeszcze są traktowane jako miarodajny opis własności cieplnych całych przegród, rzeczywiste wartości tego współczynnika (a więc i w efekcie strat cieplnych) mogą być wyższe od kilkudziesięciu do stu i więcej procent.

Wg obecnie obowiązującej normy PN-EN ISO 6946: 1998 „Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła”, współczynnik przenikania ciepła dla przegród z mostkami liniowymi i punktowymi oblicza się według wzoru:

$$U = U_o + \sum_i \frac{\Psi_i L_i}{A} + \sum_j \frac{X_j}{A}$$

w którym:

U_o - współczynnik przenikania ciepła bez uwzględniania wpływu mostków

Ψ_i - liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka liniowego o numerze „i”

L_i - długość mostka liniowego o numerze „i”

X_i - współczynnik przenikania ciepła mostka punktowego o numerze „i”

A - pole powierzchni przegrody w świetle przegród do niej prostopadłych.

Wartość U można również w projektowaniu indywidualnym wyliczać w sposób uproszczony ze wzoru:

$$U = U_0 + \Delta U$$

gdzie:

ΔU - dodatek wyrażający wpływ mostków i równy:

0.05 dla ścian zewnętrznych pełnych, stropów poddasza, stropodachów

0.10 dla ścian zewnętrznych z otworami okiennymi i drzwiowymi

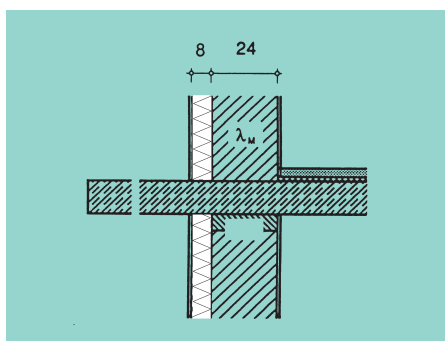
0.15 dla ścian zewnętrznych z otworami i wspornikami balkonowymi.

Miejscami, w których występują dodatkowe straty ciepłe, są między innymi: narożniki, połączenia ścian zewnętrznych ze stropami i ścianami wewnętrznymi, ościeża okienne, itp. Takich strat nie można uniknąć, niezależnie od materiałów i konstrukcji ściany.

Możliwe i konieczne jest natomiast dbanie o ciągłość izolacji termicznej w ścianie warstwowej, prawidłowe izolowanie wieńców stropowych, zastępowanie przewiązań murowych punktowymi kotwami stalowymi, właściwe osadzanie stolarki, itp. Skuteczne unikanie takich mostków

termicznych w ścianie trójwarstwowej jest bardzo trudne, natomiast duże szanse na uniknięcie strat ciepła w węzłach konstrukcyjnych daje ściana dwuwarstwowa, w której zewnętrzna warstwa termoizolacji styropianowej jest klejona i mocowana mechanicznie do wzniesionej uprzednio warstwy konstrukcyjnej. Technologia ta jest w naszym kraju niemal wyłącznie stosowana tylko do docieplania budynków istniejących. Oklejanie styropianem ściany nośnej, nawet przy niezbyt fachowym wykonawstwie, pozwala uzyskać niemal idealną ciągłość tej warstwy, ułatwia nadzór robót, jak również nie koliduje w żaden sposób z wymaganiami wytrzymałościowymi konstrukcji nośnej.

Mostki balkonowe

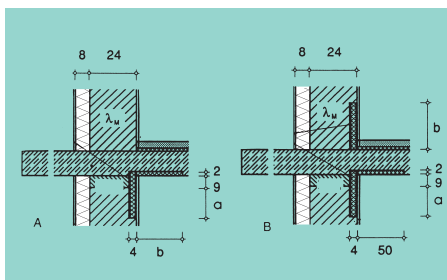


Rys.1. Nieizolowany wspornik żelbetowy płyty balkonowej,
 $\Psi = 0.71 \text{ W/(mK)}$,
 $\lambda_M = 0.56 \text{ W/(mK)}$.

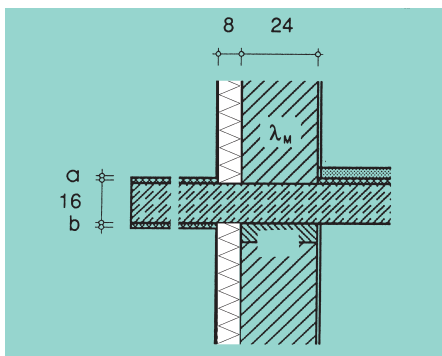
Żelbetowe wsporniki balkonowe są powszechnie stosowane w naszym kraju i najczęściej, niestety, w prymitywnej formie ciągłej, nieizolowanej płyty. W tym przypadku liniowy współczynnik przenikania ciepła przez mostek w przegrodzie dwuwarstwowej wynosi łącznie dla obydwu stron 0.71 W/(mK) (rys. 1). Tak więc w przypadku ściany o współczynniku $U_o = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ i powierzchni (bez okien) 7 m^2 obecność balkonu o długości 3 m powoduje wzrost strat ciepłych przez tę ścianę o 100%, a rzeczywisty współczynnik przenikania ciepła wyniesie wtedy:

$$U = 0.3 + 3 \times 0.71 / 7 = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

W literaturze fachowej można natknąć zalecenia dotyczące zarówno izolowania wspornika balkonowego od wewnątrz, jak i płyty balkonowej od zewnątrz.



Rys.2. Ocieplenie płyty balkonowej styropianem od wewnątrz: A - tylko od dołu, B - z obydwu stron, $\Psi_A = 0.57 \text{ W/(mK)}$; $\Psi_B = 0.50 \text{ W/(mK)}$; $a = 25 \text{ cm}$, $b = 25 \text{ cm}$, $\lambda_M = 0.56 \text{ W/(mK)}$.



Rys.3. Obustronne ocieplenie płyty balkonowej styropianem od zewnątrz, $\Psi = 0.48 \text{ W/(mK)}$, $a = b = 2 \text{ cm}$, $\lambda_M = 0.56 \text{ W/(mK)}$.

Wartości liniowych współczynników przenikania ciepła wynoszą odpowiednio: 0.57 W/(mK) - rys. 2A, 0.50 W/(mK) - rys. 2B i 0.48 W/(mK) - rys. 3. Jak widać więc z przytoczonych danych, osłanianie od zewnątrz płyty balkonowej jest nieco skuteczniejsze, przy małej nawet grubości materiału ocieplającego. Konieczne tu jest staranne wykonawstwo warstw osłaniających izolację oraz ewentualna konserwacja w trakcie użytkowania.

Docieplanie okolic mostka cieplnego od wewnątrz nie jest zwykle zalecane, gdyż oprócz trudności natury użytkowej czy estetycznej, może ono dodatkowo wiązać się z typowym w takiej sytuacji ryzykiem kondensacji pary wodnej pod termoizolacją i pleśnieniem ściany wokół warstwy ocieplenia.

13. Izolowanie nachylonych połaci dachowych i stropodachu poddasza użytkowego

W lecie promieniowanie słoneczne powoduje bardzo silne nagrzewanie powierzchni dachu i powstawanie pod nim tropikalnego mikroklimatu. W zimie chłodem ciągnie ze wszystkich kątów i zakamarków. Poddasze nie nadaje się praktycznie do żadnego użytku, nie mówiąc już o mieszkaniu.

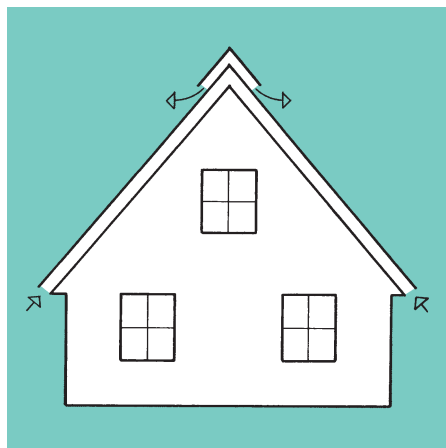
Dobre zaizolowanie połaci dachu przynosi podwójne korzyści: dodatkową powierzchnię mieszkalną i oszczędność energii. Szczególnie w zimie jest to dobrze widoczne. Jeśli na dachu budynku mieszkalnego utrzymuje się śnieg, oznacza to, że dach jest dobrze ocieplony i energia pozostaje we wnętrzu.

W innym przypadku mieszkańcy wydają swoje ciężko zarobione pieniądze na wytapianie śniegu. Lepiej jest je zainwestować w styropianową izolację termiczną tak, aby przez dach nie uciekało ciepło.

Wskazówka

Przy izolowaniu nachylonych połaci dachowych należy zwrócić szczególną uwagę na dobre wentylowanie przestrzeni pomiędzy warstwą izolacji cieplnej i pokryciem.

Nowe technologie izolowania połaci dachowych będą przedstawione w dalszej części tego rozdziału.



Przy wentylowaniu połaci dachowych należy przestrzegać następujących zasad:

- przekrój otworów wentylacyjnych wlotowych w okapie każdej połaci dachu wynosi 200cm^2 na każdy metr bieżący krawędzi dachu
- przekrój otworów wylotowych w szczytce dachu wynosi przynajmniej 200cm^2 na metr bieżący
- wysokość szczeliny wentylacyjnej nad powierzchnią termoizolacji wynosi co najmniej 2cm.

Izolowanie dachów

Płyty styropianowe izolacji cieplnej bardzo dobrze nadają się do ocieplania pochyłych dachów i poddaszy ze względu na:

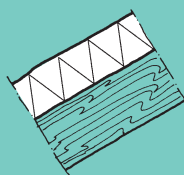
- wysokie właściwości izolacyjne
- niską cenę w stosunku do jakości i uzyskiwanych oszczędności
- łatwość obróbki i bezpieczną pracę przy tym materiale.

Płyty styropianowe mogą być stosowane samodzielnie lub jako składnik prostego prefabrykatu izolacyjnego, w połączeniu z powłoką z papy lub folii.

**Izolacja termiczna ze styropianu
może być stosowana w następujących konfiguracjach:**

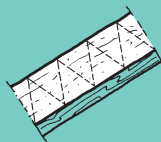
Ponad krokiewiami

Styropian odmiany
EPS 100 038 DACH/PODŁOGA
(PS-E FS 20)*



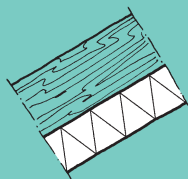
Pomiędzy krokiewiami

Styropian odmiany
EPS 50 042 (PS-E FS 12)



Pod krokiewiami

Styropian odmiany
EPS 70 040 FASADA,
EPS 80 036 FASADA (PS-E FS 15)

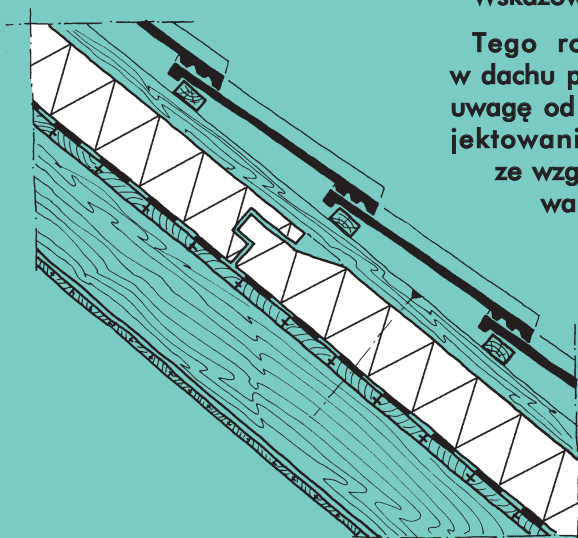


* Płyty powinny być łączone na pióro i wpust

13.1. Izolacja ponad krokwiemi

Wskazówka:

Tego rodzaju układ warstw w dachu powinien być brany pod uwagę od początku procesu projektowania więźby dachowej ze względu na inne ukształtowanie okapu, wiatrownic, itp.



pokrycie
łaty
kontrłaty
styropian
izolacja przeciwwiatrowa
deskowanie
krokwie
podbicie

Styropianowy „płaszcz izolacyjny”

Taki sposób umieszczenia izolacji termicznej pozwala na wytworzenie ciągłej, pozbawionej mostków termicznych i przerw, powłoki. Do izolowania dachu ponad krokwiemi stosuje się zwykle specjalne, kompletne systemy dachowe profilowanych kształtek izolacyjnych ze styropianu o właściwej odmianie. Zastosowanie płyt łączonych na pióro i wpust gwarantuje uzyskanie szczelności samego złącza.

Tego typu dach powinien być wykonywany przez wykwalifikowanych, doświadczonych pracowników, co gwarantuje uzyskanie odpowiedniej jakości i trwałości powłoki dachowej. Szczegółowe wytyczne realizacji dachu są ściśle związane z rodzajem systemu i zwykle są podawane w wyczerpujący sposób przez producenta w instrukcji stosowania.

13.2. Izolacja pomiędzy krokwiemi

Umieszczenie styropianowej izolacji termicznej pomiędzy krokwiemi pozwala, oszczędzając energię ciepłą, jednocześnie maksymalnie wykorzystać przestrzeń w budynku.

Przy takiej konstrukcji stropodachu uzyskuje się wewnątrz pomieszczenia gładką, ciągłą powierzchnię ścian i sufitu.

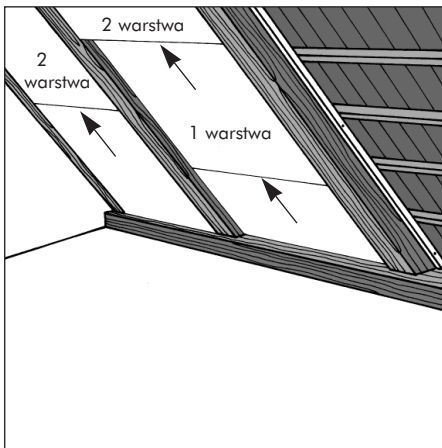
Przy odrobinie zręczności w majsterkowaniu, każdy może samodzielnie podjąć się wykonania izolacji w ten sposób. Pod względem technicznym jest to rozwiązanie najprostsze.

Nie są tu również potrzebne żadne drogie lub specjalistyczne narzędzia, wystarczy jedynie ostry nóż, ręczna piła płatnica, a do tego młotek i ocynkowane gwoździe lub klej.

Do boków krokwi przybija się najpierw drewniane listwy dystansowe lub przycina pasek styropianu o grubości 4cm.



Płyty styropianowe są następnie docinane na odpowiednią szerokość i wciskane szczelnie pomiędzy krokwie. Zaleca się układanie izolacji styropianowej w dwóch, wzajemnie przesuniętych warstwach.



W ten sposób wypełnia się całą powierzchnię dachu w pomieszczeniu. Przy typowym układzie warstw nie należy zapomnieć o zastosowaniu paroizolacji od wnętrza pomieszczenia (np. folia polietylenowa) oraz wiatroizolacji od strony zewnętrznej (specjalna odmiana folii paroprzepuszczalnej).

Bardzo ważne jest przy tym utrzymanie szczeliny wentylowanej pomiędzy izolacją termiczną a pokryciem dachowym. Dzięki temu para wodna dyfundująca z wnętrza pomieszczenia może być bez kondensacji usunięta ze szczeliny wentylacyjnej do otoczenia. Taki układ zapewnia dużą trwałość całego dachu.

Jak grube powinny być styropianowe płyty izolacji cieplnej?

Drewniane krokwie konstrukcji dachowej stanowią nieuniknione mostki cieplne. Aby wyrównać dodatkowe straty ciepłe przez mostki stosuje się często następującą prostą zasadę: na każde 10% udziału krokwi w całej powierzchni dachu grubość izolacji termicznej powiększa się o 2cm. W ten sposób uzyskuje się, niezależnie od istnienia mostków cieplnych, optymalny efekt izolacyjny całej przegrody.

Przykład możliwości oszczędzania energii

Roczne zapotrzebowanie na energię grzewczą przypadające na 1m² nachylonego dachu wynosi:

- dla dachu bez specjalnej warstwy izolacyjnej ($U = 3.98 \text{ W/m}^2\text{K}$):

ok. **36m³** gazu ziemnego

- dla dachu ze styropianową izolacją cieplną o grubości 14cm pomiędzy krokwiami ($U = 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$):

ok. **3m³** gazu ziemnego

Uwaga

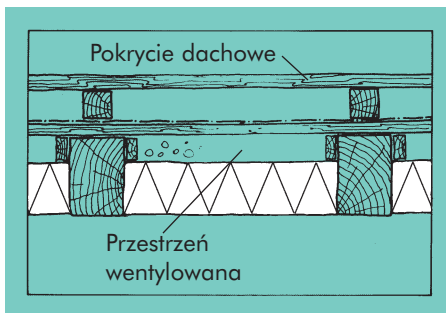
Współczynnik przenikania ciepła dla stropodachu, z uwzględnieniem wpływu strat ciepła przez mostki termiczne, nie może być, zgodnie z przepisami, większy od 0.30 W/m²K. Uzasadniony ekonomicznie, dla przeciętnej relacji cen materiałów i energii, współczynnik przenikania ciepła jest już obecnie wyraźnie niższy od 0.20 W/m²K.

Układanie izolacji styropianowej pomiędzy krokwiami w dwóch, wzajemnie przesuniętych warstwach

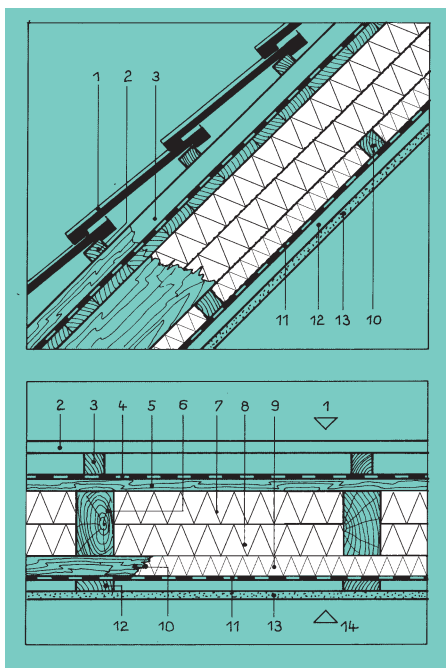


Izolacja pomiędzy krokiewiami

A. Izolacja między krokiewiami ułożona w sposób typowy



B. Całkowite wypełnienie przestrzeni między krokiewiami



Umieszczanie izolacji termicznej tylko między krokiewiami jest jeszcze wciąż najczęściej stosowane. Należy jednak zauważyć, że ze względu na wysokość krokwi, a także obecność szczeliny wentylacyjnej, grubość izolacji cieplnej jest ograniczona do 10-12cm. Obecnie jest to o wiele za mało, aby spełnić wymagania ochrony cieplnej i uzyskać przegrodę o ekonomicznie uzasadnionej charakterystyce cieplnej.

$$U = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1. Pokrycie dachowe
2. Łaty drewniane (np. 3x5cm)
3. Kontrłaty (np. 5x5cm)
4. Papa izolacyjna
5. Deskowanie
6. Krokwie (np. 8x16)
7. Pierwsza warstwa izolacji cieplnej EPS 50 042 (PS-E FS 12), 8cm
8. Druga warstwa EPS 50 042 (PS-E FS 12), 8cm
9. Trzecia warstwa EPS 50 042 (PS-E FS 12), 5cm
10. Łaty (5x5cm)
11. Paroizolacja
12. Łaty lub deskowanie oszczędne
13. Płyta suchego tynku
14. Tapeta, boazeria, itp.

Całkowite wypełnienie styropianem przestrzeni pomiędzy krokiewiami - sposób wykonania:

1. Wysokość krokwi wynosi zwykle ok. 16cm. Produkowane grubości płyt styropianowych pozwalają z łatwością dobrać warstwę izolacji do tego wymiaru tak, aby dobrze wykorzystać całą przestrzeń między krokiewiami. Zaleca się stosowanie dwóch warstw izolacji między krokiewiami.
2. Pierwsza warstwa styropianu: odstęp między krokiewiami należy dokładnie zmierzyć, dociąć płyty i wciskając umieścić je na swoim miejscu.
3. Druga warstwa styropianu: płyty układać jak poprzednio z przesunięciem spoin między warstwami.
4. Większe szczeliny należy ewentualnie uzupełnić materiałem odpadowym, mniejsze przy użyciu pianki montażowej.
5. Drewniane łaty 5x5cm należy przymocować prostopadłe do spodu krokwi, w odstępach 50cm, tj. na szerokość płyty styropianowej.
6. Między łaty należy wsunąć trzecią warstwę izolacji cieplnej.
7. Na łatach mocowana jest paroizolacja.
8. Następnie mocowane są płaskie łaty lub oszczędne deskowanie pod suchy tynk.
9. Ułożyć warstwę suchego tynku o właściwościach dostosowanych do rodzaju pomieszczenia.
10. Wykończyć wewnętrzną powierzchnię płyty gipsowej poprzez szpachlowanie, oklejanie tapetą lub obłożenie boazerią.

13.3. Izolacja pod krokwiemi

Umieszczenie styropianowej izolacji termicznej pod krokwiemi pozwala osiągnąć ciężką barierę dla przepływu ciepła, praktycznie bez szczelin, przez które mogłaby uciekać energia ogrzewania.

Przy tego rodzaju rozwiązaniach stosowane są chętnie prefabrykowane płyty warstwowe, składające się z izolacji termicznej, powłok izolacyjnych i warstwy powierzchniowej z płyty gipsowej lub wylewki cementowej. Dzięki temu montaż ocieplenia jest szybki i czysty, więc od razu można przystąpić do wykańczania powierzchni. Unika się też w ten sposób pośredniego mocowania dolnej warstwy styropianu do konstrukcji dachu, przed ułożeniem warstwy wierzchniej.

Materiał izolacyjny jest bardzo lekki i dlatego jego umieszczanie pod nachylonymi krokwiemi jest łatwe. Można stosować pojedyncze warstwy izolacji termicznej, jeśli ich opór cieplny będzie wystarczający. Dużą izolacyjność cieplną pozwala jednak uzyskać dopiero układ dwuwarstwowy.

Pierwsza warstwa izolacyjna wciskana jest pomiędzy łąty, następna zaś, razem z wierzchnią warstwą wykończeniową, jest mocowana do specjalnego rusztu z łąt. Rozstaw łąt powinien być tak dobrany, aby możliwe było prawie bezodpadowe ułożenie obydwu warstw izolacji cieplnej, a także właściwe pod względem wytrzymałościowym mocowanie wierzchniej warstwy suchego tynku lub innego materiału wykończeniowego.

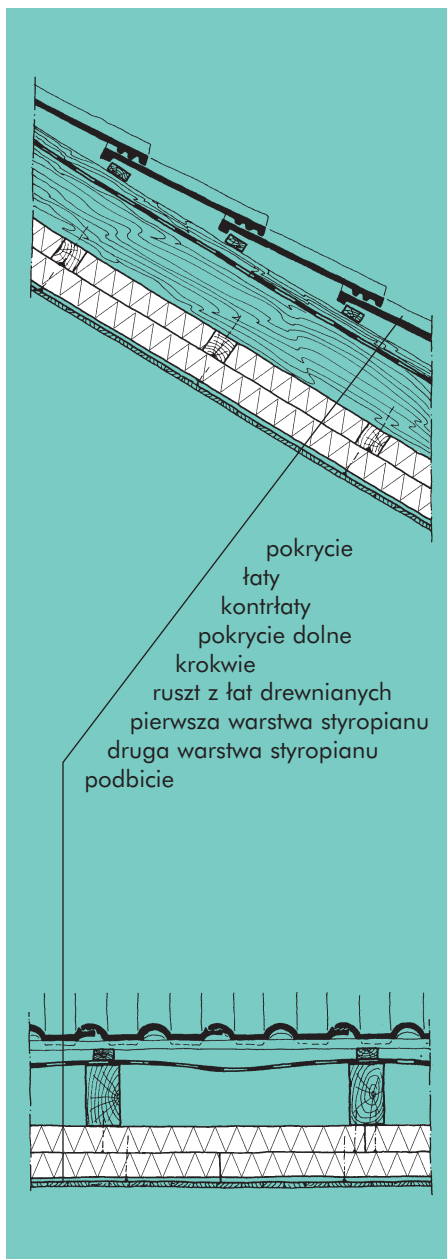
Do mocowania wszystkich warstw izolacyjnych należy używać gwoździ ocynkowanych. Materiał izolacji termicznej nie ulega odkształceniom w takim stropodachu. Dzięki temu uzyskuje się bardzo dużą trwałość całej konstrukcji i jej bezawaryjne funkcjonowanie izolacyjne.

Umieszczanie warstw izolacyjnych pod konstrukcją dachu wiąże się ze zmniejszeniem kubatury poddasza.

Izolacja dachu umieszczona pod krokwiami

Zalety:

- perfekcyjna pod względem fizyki budowli izolacja cieplna dachu pochyłego
- korzystna cenowo alternatywa dla systemu izolacji termicznej konstrukcji dachowej nad krokwiami
- brak konieczności zdejmowania pokrycia dachowego przy ocieplaniu poddasza
- szybkie nagrzewanie się całego wnętrza poddasza
- łatwy pod względem technicznym montaż warstw izolacyjnych.



14. Izolacja termiczna dachów płaskich

Dachy płaskie w każdym obiekcie należą do grupy najtrudniejszych do projektowania i najbardziej obciążonych elementów. Upał, mróz i śnieg, deszcz, burza i napór wiatru, obciążenia mechaniczne od chodzenia lub jeżdżenia, ogrody dachowe, stawiają najwyższe wymagania stosowanym tu materiałom. Właśnie w takich konstrukcjach styropian już od prawie 40 lat znakomicie się sprawdza.

Powszechnie znany jest fakt, że odpływ ciepła z budynku odbywa się najintensywniej z dołu do góry. W takiej samej mierze odnosi się to do stromych, jak i do płaskich dachów. Duża ilość ciepła jest tracona właśnie przez dach. Gdy nie został on w sposób właściwy i wystarczający zaizolowany, to koszty ogrzewania są bardzo wysokie, a mikroklimat we wnętrzu nie spełnia oczekiwań mieszkańców.

Płaskie dachy nie są wbrew pozorom wynalazkiem naszej epoki, ale stosowane są od kilku tysiącleci. W naszych czasach otrzymały one jednak nowe funkcje.

Jedną z nich jest na przykład ogród dachowy. Oprócz jego funkcji i walorów użytkowych należy wspomnieć o niewątpliwym wkładzie znajdującej się na zielonych dachach roślinności w poprawę jakości powietrza, zwłaszcza na silnie zurbanizowanych terenach dużych miast.

Przy tworzeniu ogrodów dachowych niezbędne są niezawodne układy izolacji termicznej i przeciwwilgociowej. Styropian, ze względu na:

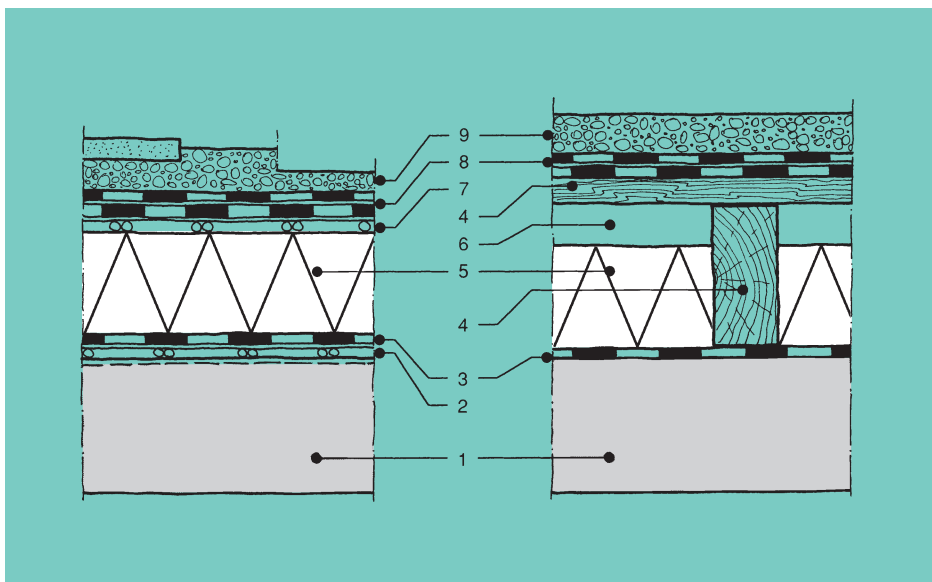
- swoje właściwości termiczne
 - odporność wilgotnościową
 - wytrzymałość mechaniczną,
- jest podstawowym materiałem izolacyjnym w tego rodzaju dachach.

Ze względu na trudności z projektowaniem i realizacją takich stropodachów, jest to zadanie wyłącznie dla fachowców z tej dziedziny.

Ogólny podział stropodachów płaskich jest związany z ich układem konstrukcyjnym:

Stropodach niewentylowany

Stropodach wentylowany



9. Warstwa ochronna powierzchni
8. Pokrycie dachowe
7. Warstwa odpowietrzająca (wyrównująca ciśnienie pary wodnej pod pokryciem)
6. Przestrzeń wentylowana
5. Styropianowa izolacja termiczna
4. Konstrukcja wsporcza górnej płaszczyzny stropodachu wentylowanego
3. Paroizolacja
2. Warstwa wyrównawcza i rozdzielcza
1. Konstrukcja nośna stropu

Zalecana odmiana styropianu:

Stropodach niewentylowany: co najmniej EPS 100 038 DACH/PODŁOGA (PS-E FS 20)

Stropodach wentylowany: EPS 50 042 (PS-E FS 12) (jeśli izolacja termiczna nie jest obciążona konstrukcyjnie)

Grubość warstwy izolacyjnej w budynkach mieszkalnych: nie mniej niż 15cm.

1. Warstwa wyrównawcza

Jej zadaniem jest wyrównanie powierzchni masywnej warstwy konstrukcyjnej stropu i jej przygotowanie do układania warstw następnych.



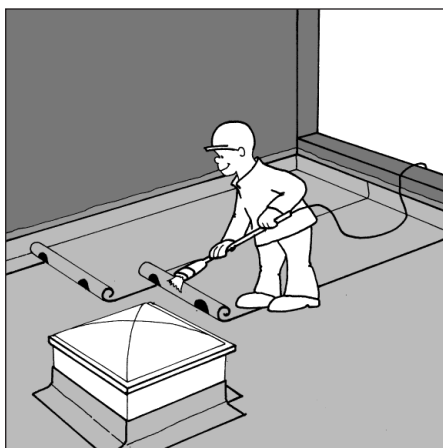
2. Warstwa rozdzielcza

Dzięki obecności warstwy rozdzielczej na stropie:

- likwidowany jest wpływ rys pochodzących od skurczów i naprężeń warstwy konstrukcyjnej na wyższe warstwy stropodachu
- eliminowany jest wpływ chropowatości i oddziaływań chemicznych na warstwę izolacji cieplnej.

3. Parioizolacja

Paroizolacja ogranicza penetrację pary wodnej do wnętrza stropodachu i w ten sposób zmniejsza jej szkodliwe działanie na wszystkie warstwy tej przegrody.



4. Konstrukcja wsporcza

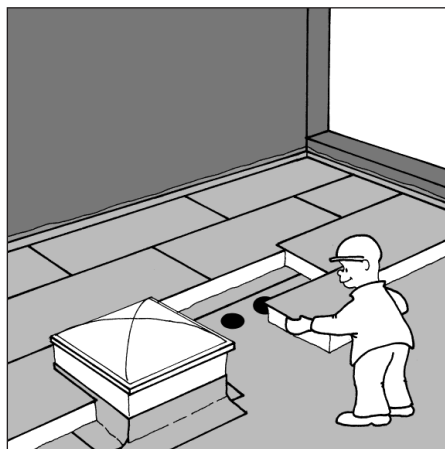
Tego typu element występuje jedynie w stropodachu wentylowanym. Konstrukcja wsporcza górnej połaci stropodachu może być wykonana z drewna, płyt betonowych, itp. Obciążenia od konstrukcji wsporczej są przekazywane bezpośrednio na strop.

5. Izolacja termiczna

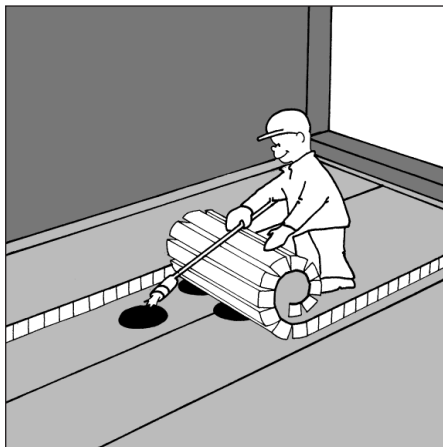
W stropodachu niewentylowanym warstwa izolacji cieplnej przenosi naświetlenia od wyżej położonych warstw i obciążenia zewnętrzne. Konieczne jest więc zastosowanie tutaj styropianu o odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie, odmiany EPS 100 038 DACH/PODŁOGA (PS-E FS 20) lub wyższej, zależnie od obciążeń. W stropodachu wentylowanym, jeśli warstwa izolacyjna nie jest obciążona konstrukcją wsporczą, wystarczy zastosowanie lekkich odmian styropianu EPS 50 042 (PS-E FS 12) lub EPS 70 040 FASADA, EPS 80 036 FASADA (15 PS-E FS).

Warstwa styropianowej izolacji spełnia następujące funkcje w stropodachu:

- zimowa i letnia ochrona cieplna
- oszczędzanie energii
- tworzenie zdrowego i wygodnego mikroklimatu we wnętrzu
- ochrona cieplna konstrukcji nośnej
- ochrona przed kondensacją pary wodnej na suficie.



Płyty styropianowe mogą być fabrycznie oklejone jedno- lub dwustronnie warstwą izolacji bitumicznej. Produkowana jest również rolowa wersja tego materiału, w której styropian pocięty na paski jest przyklejony do warstwy papy. Dzięki przecięciom w styropianie można całość zwinąć w rolki. Przytwierdzanie do podłoża jest realizowane poprzez klejenie. W specjalnych przypadkach, możliwe jest również mechaniczne mocowanie izolacji do podłoża specjalnymi kołkami rozporowymi. Należy pamiętać, że styropian może być stosowany jako materiał izolacyjny w warunkach, kiedy temperatura długotrwała nie przekracza 80°C, a krótkotrwała 95°C.



6. Przestrzeń wentylowana (tylko w stropodachach wentylowanych)

Praktyka pokazuje, że odpowiednie przekroje otworów wentylacyjnych (nawiewnych i wywiewnych) oraz wysokość przestrzeni mają decydujący wpływ na skuteczne usuwanie pary wodnej ze stropodachu. Powierzchnię tych otworów określa się najczęściej w promilach całej powierzchni połąci dachowych:

	Otworki nawiewne	Otworki wywiewne
Nachylenie dachu poniżej 3%, wysokość szczeliny wentylowanej 20cm	w sumie 5 ‰	
Nachylenie dachu od 3 do 20%, wysokość szczeliny wentylowanej 10cm	2 ‰	2.5 ‰
Nachylenie dachu powyżej 20%, wysokość szczeliny wentylowanej 5cm	2 ‰	2.5 ‰

Jeśli budynek jest zlokalizowany w cieniu aerodynamicznym innych obiektów, to przekroje otworów wentylacyjnych powinny być odpowiednio powiększone. Otworki wentylacyjne powinny być osłonięte przed zalewaniem przez deszcz, a także przy pomocy siatek przed ptakami i insektami.

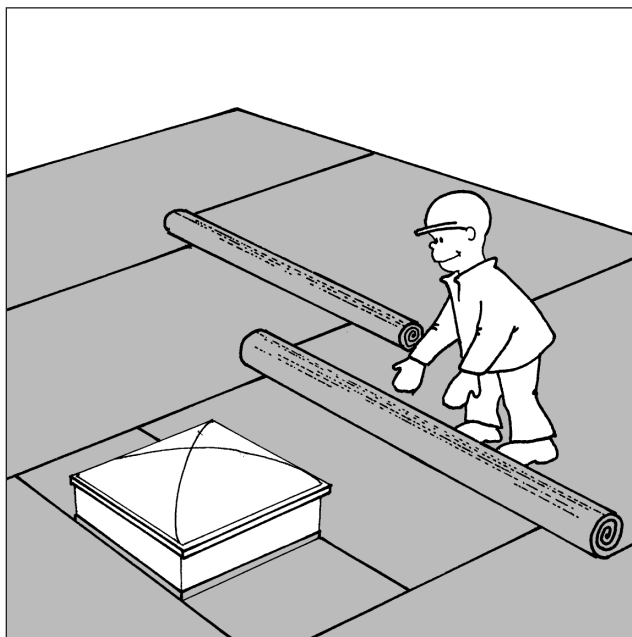
7. Warstwa odpowietrzająca

Zadaniem warstwy odpowietrzającej jest równomierne rozprowadzenie pod pokryciem pary wodnej, która przy podgrzaniu przez słońce powierzchni pokrycia dachowego odparowuje intensywnie z zawilgoconych przez dyfuzję stref stropodachu lub została zamknięta pod pokryciem w trakcie budowy. Dzięki tej warstwie nie dochodzi do lokalnego naprężania i niszczenia pokrycia przez tzw. pęcherze dachowe, możliwe jest również swobodne odkształcanie się pokrycia przy wahaniach temperatury oraz unikanie przenoszenia się przemieszczeń pochodzących od głębiej położonych warstw konstrukcyjnych.

8. Pokrycie dachowe

Ta warstwa jest narażona na szczególnie trudne warunki działania i stąd musi ona spełniać bardzo zróżnicowane wymagania techniczne dotyczące, m.in. obciążeń mechanicznych i temperaturowych, odporności na promieniowanie UV, agresję chemiczną, starzenie, utratę elastyczności, itp.

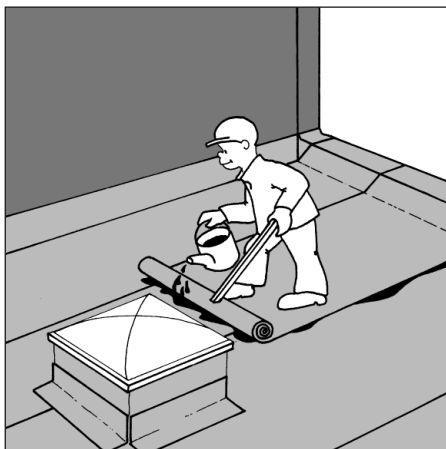
Pokrycia dachowe są wykonywane obecnie w postaci powłok wielo- lub jednowarstwowych. Mogą one składać się z warstwy bitumicznej zbrojonej włóknem szklanym lub poliestrowym, tkaniną szklaną, itp. Stosowane są też folie z tworzyw sztucznych, wielkocząsteczkowych polimerów.



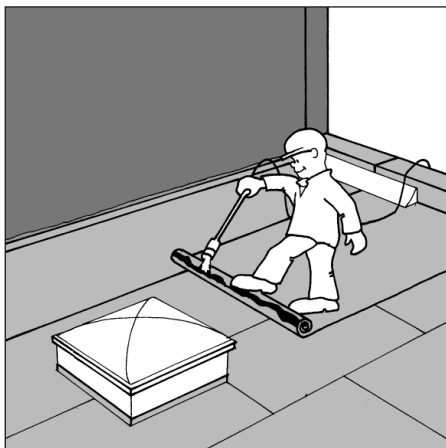
Izolacja termiczna dachów płaskich - warstwy i ich zadania

Wciąż jednak, chętnie stosowane są na dachach wielowarstwowe powłoki bitumiczne (bez rozpuszczalników organicznych).

Bardzo skuteczne i trwałe rozwiązanie uzyskuje się stosując, jako górną warstwę pokrycia dachowego, klejone lub zgrzewane z podkładem powłoki polimerowo-bitumiczne.



Montaż realizuje się poprzez:
wylewanie masy klejącej

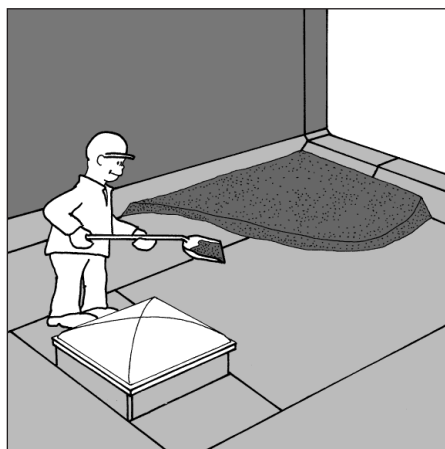


lub zgrzewanie palnikiem gazowym

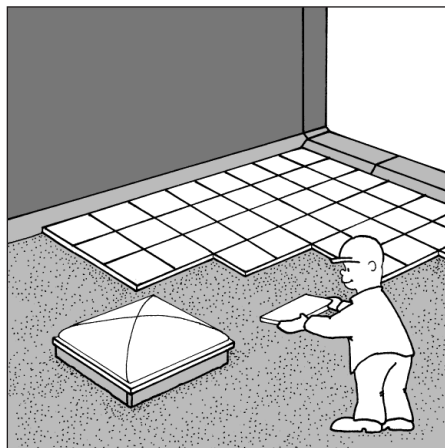
9. Warstwa ochronna i dociążająca pokrycia, nawierzchnia użytkowa

Takie funkcje mogą spełniać następujące materiały:

- posypka mineralna z drobnego grysłu fabrycznie naniesiona bezpośrednio na materiał pokrycia dachowego
- filtracyjna warstwa ze żwiru płuknego o wydzielonych frakcjach 16 do 32mm, grubość warstwy przynajmniej 50mm



- płytki betonowe ułożone na podkładzie z piasku.



14.1. Dach nachylony

Największe znaczenie dla długookresowego funkcjonowania płaskich stropodachów ma ich właściwe odwodnienie i odprowadzenie wody opadowej na zewnątrz przegrody.

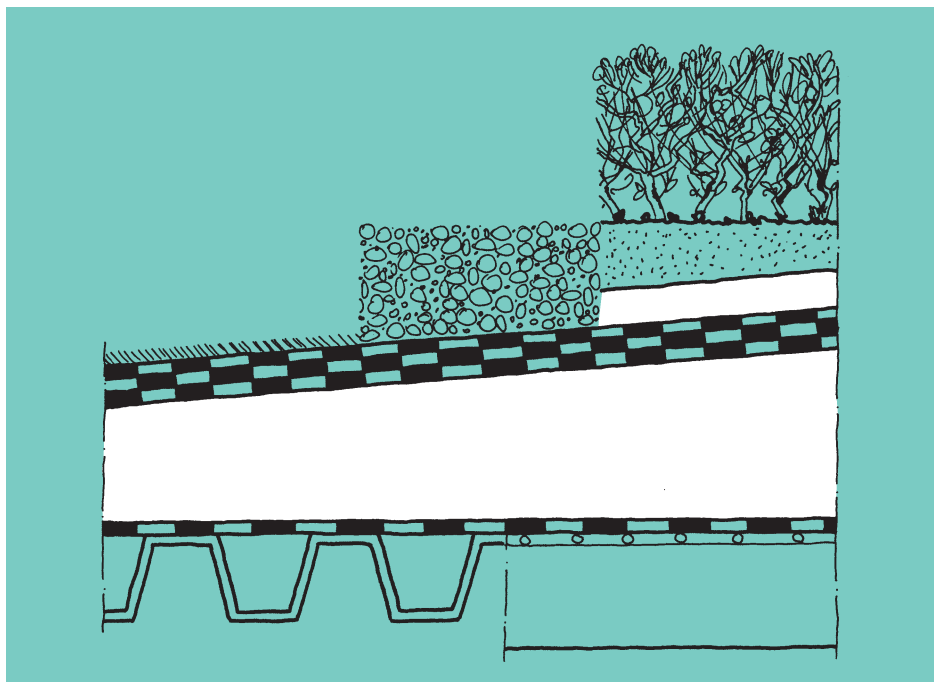
W normach i warunkach technicznych dotyczących stropodachów podaje się dokładnie minimalne wartości nachylenia połaci dachowej, zapewniające odpływ wody z ich powierzchni.

Spełnienie wszystkich wymagań technicznych dotyczących:

- izolacyjności cieplnej
- nachylenia
- układu warstw

jest łatwe przy zastosowaniu specjalnego styropianowego systemu dla dachu spadzistego.

W powiązaniu dodatkowo z materiałem pokrycia o wysokiej jakości powstaje konstrukcja stropodachu o bardzo dobrych właściwościach, dużej trwałości i jednocześnie umiarkowanej cenie.



14.2. Lekki dach przemysłowy

Przemysłowe dachy o lekkiej konstrukcji lub dachy na blasze trapezowej uzyskują obecnie coraz większe znaczenie ze względów ekonomicznych.

W tego rodzaju lekkich dachach występują drgania nośnych blach trapezowych, które stawiają dodatkowe wymagania mechaniczne materiałowi izolacji cieplnej. Praktycznie tylko styropian może w zadowalający sposób spełnić funkcję izolacji termicznej w takim stropodachu. Ze względu na swoją małą gęstość tylko w nieznaczny sposób powiększa obciążenia blach konstrukcyjnych, a dzięki znakomitym właściwościom wytrzymałościowym dobrze znosi drgania i przemieszczenia podłoża.

Ogólne uwagi dotyczące wykonywania dachów płaskich

Powolne odprowadzanie wody z powierzchni płaskiego dachu wymaga nie tylko bardzo dobrej szczelności pokrycia, ale także pełnej szczelności wszystkich detali i obróbek dachowych. Nie tylko nie mogą one pozwolić na penetrację wody spływającej po powierzchni dachu, ale muszą wręcz zachować pełną szczelność w warunkach, kiedy stojąca woda z wytopionego śniegu wywiera dodatkowe ciśnienie na pokrycie. Do takich szczególnie trudnych miejsc należą:

- **szczeliny dylatacyjne**
- **otwory do rur spustowych**
- **obrzeża świetlików dachowych**
- **miejsca zamocowania balustrad, anten, itp.**
- **połączenia z attyką lub ścianą**
- **styki z otworami drzwiowymi przy części wyższej.**

Detale tego typu muszą być szczególnie projektowane przez kompetentnych fachowców, ich wykonanie powinno być powierzane tylko doświadczonym i starannym pracownikom, a niezależnie od tego skrupulatnie nadzorowane.

14.3. Stropodach odwrócony

Stropodach odwrócony

Tradycyjne zewnętrzne pokrycia przeciwwodne stropodachów pełnych są warstwami blokującymi praktycznie całkowicie odpływ pary wodnej z wnętrza stropodachu. Ponieważ umieszczone są one w strefie niskich temperatur, para wodna dochodząca z wnętrza budynku ulega pod pokryciem skropleniu, powodując intensywnie zawilgacanie warstw stropodachu. W stropodachu odwróconym całkowicie wyeliminowano to zjawisko, poprzez przemieszczenie powłoki wodoodpornej w pobliże wnętrza, do strefy wysokich temperatur i warunków nienasyconej pary wodnej. Izolacja wodoszczelna jest układana bezpośrednio na stropie konstrukcyjnym, a dopiero na niej wykonuje się warstwę izolacji termicznej, osłoniętej od zewnątrz jedynie dociskową warstwą żwiru lub płytek betonowych. Para wodna dyfundująca z wnętrza budynku przez strop jest zatrzymywana przez szczelne pokrycie jeszcze przed izolacją termiczną, a więc

w temperaturze zbliżonej do temperatury wnętrza. W tych warunkach para nie ulega kondensacji i nie zawilgaca przegrody. Ale za to warstwa termooizolacji, zwykle starannie chroniona przed zawilgoceniem, jest narażona tutaj na stałe działanie wody i zmieniających temperatur. Niewiele materiałów jest w stanie znosić takie warunki eksploatacji, bez utraty właściwości izolacyjnych i wytrzymałościowych. Stąd też jako materiał izolacji termicznej w stropodachach odwróconych stosowany jest styropian ekstrudowany.

Styropian ekstrudowany

Materiał ten jest produkowany w nieco inny sposób aniżeli zwykłe odmiany styropianu, dzięki czemu uzyskuje też specyficzne, bardzo korzystne właściwości. Charakteryzuje się on bowiem zwartą, jednolitą budową i zamkniętymi porami, dużą wytrzymałością na ściskanie, przy niskim jednocześnie współczynniku przewodności cieplnej.

Gęstość pozorna styropianu ekstrudowanego wynosi ok. 30 kg/m^3 , naprężenia ściskające przy 10% odkształceniu względnym zależą od konkretnej odmiany i zwykle mieszczą się w zakresie 0.15-0.30 MPa. Zbita, jednorodna struktura oraz zamknięte pory tego materiału sprawiają, że jego nasiąkliwość po 24 godzinach nie przekracza 0.1%, a po 28 dniach tylko 0.5%. Ta struktura sprawia również, że stwierdzana w pomiarach przewodność cieplna styropianu ekstrudowanego jest bardzo niska, około 0.021-0.026 W/mK. Obliczeniowa przewodność cieplna powinna być przyjmowana wg zaleceń ITB w zakresie 0.032-0.035 W/mK.

Poszczególne odmiany styropianu ekstrudowanego stosowane są zwykle do izolowania konstrukcji o dużych obciążeniach mechanicznych i jednocześnie narażonych na działanie wilgoci, jak np.:

- stropodachów odwróconych
- ścian zagłębionych w gruncie z izolacją obudowaną warstwą dociskową (mur lub grunt)
- podłóg, także w budynkach przemysłowych, gdzie występują duże obciążenia mechaniczne
- lodowisk
- tarasów i tzw. „zielonych dachów”
- parkingów samochodowych, itp.

Układ warstw w stropodachu odwróconym został przedstawiony na rysunku. Podstawowe zalety takiego rozwiązania to:

- przeciwdziałanie kondensacji pary wodnej dyfundującej przez przegrodę co w efekcie zapobiega zawilgoceniu stropodachu
- ochrona pokrycia przeciwwodnego przed działaniem: ciągłych zmian temperatury oraz temperatur ekstremalnych, promieni UV, ciśnienia pary wodnej pod pokryciem
- możliwość wykorzystania połączenia dachu jako tarasu, parkingu lub ogrodu
- układanie izolacji cieplnej i warstwy osłonowej można prowadzić w każdych warunkach pogodowych

Stropodach odwrócony

- łatwe pogrubienie warstwy izolacyjnej w stropodachu istniejącym bez zakłóceń w użytkowaniu wnętrza
- łatwy dostęp do membrany wodoszczelnej.

Zalety te pozwalają na znaczne wydłużenie okresu bezawaryjnej eksploatacji stropodachu i trwałości pokrycia wodochronnego.

Nawierzchnia stropodachu odwróconego może być wykonywana na różne sposoby:

- w postaci żwiru frakcjonowanego (grubość warstwy zwykle 50-100mm zależnie od siły ssącej wiatru) rozsypanego bezpośrednio na termoizolacji; stanowi on warstwę dociskową i ochronną dla izolacji
- żwiru i np. płytek chodnikowych w miejscach komunikacji
- samych płyt chodnikowych, przy wykorzystaniu całej powierzchni dachu
- gruntu z dodatkowymi warstwami ochronnymi w dachu-ogrodzie
- dylatowanej płyty betonowej.

Żwir nie powinien zawierać frakcji drobniejszych niż 20mm; jeśli nie można tego zagwarantować, to konieczne jest ostonięcie termoizolacji warstwą tkaniny filtracyjnej, która powstrzyma drobne kamyczki i zanieczyszczenia przed penetracją w głąb stropu i uszkodzeniem powłoki wodochronnej. Jest to szczególnie istotne w przypadku membrany wodoszczelnej z tworzywa sztucznego, cieńszej i delikatniejszej od powłok asfaltowych.

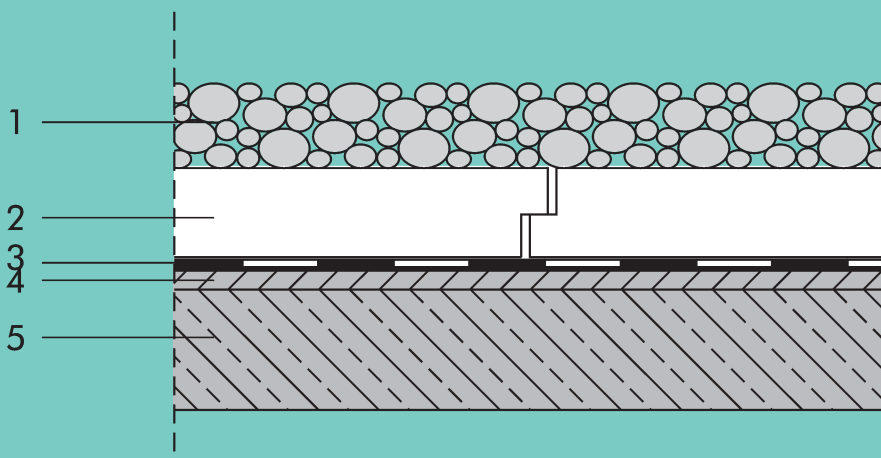
Dostęp chłodnej wody opadowej do wnętrza stropodachu powoduje dodatkowe straty ciepłne, stąd też izolacja cieplna w stropodachu odwróconym jest zwykle pogrubiana o ok. 20% w stosunku do stropu tradycyjnego.

Przepływ wody w czasie intensywnego i zimnego deszczu może w stropodachu, ułożonym na bardzo cienkiej konstrukcji nośnej (np. blacha stalowa lub cienka powłoka żelbetowa), spowodować chwilowe jej wychłodzenie i wykraplanie pary wodnej na jej spodniej powierzchni. Dlatego zaleca się, aby warstwa nośna stropodachu miała opór cieplny nie mniejszy niż

0.15 m²K/W. Można to zrealizować przez pokrycie blachy warstwą wylewki o grubości minimum 50mm lub 20mm, warstwą sklejki lub płyty pilśniowej. Przy masywnej konstrukcji stropu żelbetowego takiego zagrożenia nie ma.

Stropodach odwrócony

1. Żwir płukany, balast i ochrona izolacji termicznej
2. Styropian ekstrudowany - izolacja termiczna
3. Pokrycie wodochronne
4. Gładź tworząca spadek
5. Konstrukcja stropu



15. Drenaż

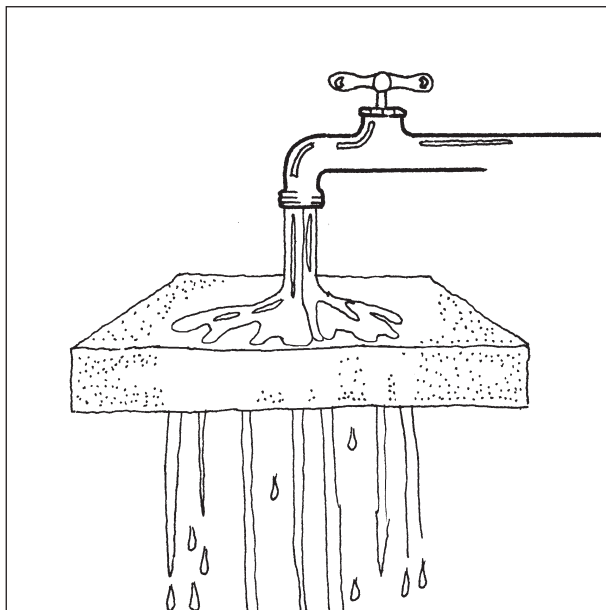
Wyroby ze styropianu są stosowane nie tylko jako izolacja termiczna. Specjalne płyty styropianowe, których proces produkcji odbiega nieco od typowego spieniania granulatu polistyrenowego, mogą służyć jako materiał do drenażu budowlanego. Pozwalają one bowiem skutecznie odsączyć i zebrać wodę infiltrującą w kierunku budynku.

Płyty drenażowe mają szczególne zastosowanie do takich elementów budynku, jak:

- ściany piwnic
- ścianki oporowe
- ogrody dachowe
- dachy.

Płyty umieszcza się na konstrukcji budynku poziomo lub pionowo, zależnie od kierunku filtracji wody. Mocowanie płyt do podłoża odbywa się zwykle poprzez klejenie, przy użyciu typowych mas klejących lub klejów budowlanych, nieniszczących dla styropianu.

Tak jak w przypadku zwykłego styropianu izolacyjnego, cały proces docinania, dopasowywania i mocowania płyt drenażowych jest łatwy i całkowicie bezpieczny dla pracowników.



Puste przestrzenie między poszczególnymi kuleczkami styropianu umożliwiają bardzo szybkie odprowadzenie wody infiltrującej przez materiał.

Jako warstwa drenująca stosowane są specjalne płyty styropianowe. Do ich produkcji używa się granulatu polistyrenowego, który jest spieniany na kulki o średnicy od 8 do 12mm, sklejone następnie w luźną, łatwo przepuszczającą wodę strukturę przestrzenną. Dzięki zróżnicowanej średnicy kuleczek styropianowych powstają między nimi otwarte pory powietrzne, które stanowią od 30 do 40% całej objętości materiału. Specjalna metoda produkcji płyt drenażowych sprawia, że mogą one przenosić naprężenia 10 kN/m^2 (1.0 t/m^2) bez odkształceń, a przy 10% zgnieceniu naprężenia sięgają 35 kN/m^2 (3.5 t/m^2).

Przy gęstości objętościowej od 12 do 15 kg/m^3 i wymiarze $1.0\text{m} \times 0.5\text{m}$, pojedyncze płyty tego materiału o grubości 65mm ważą ok. 0.5kg. Bardzo łatwo więc można je przenosić, przesuwac i mocować na budynku.

W przeciwieństwie do naturalnego gruntu, powierzchnie styropianowych kuleczek wiążą znacznie mniej wody, co znakomicie przyspiesza jej przepływ przez płytę drenującą. Średnia prędkość przepływu wody przez ten materiał wynosi ok. 8cm/s.

Płyty drenażowe ze styropianu nie gniją, nie kurczą się, a wbudowane w przegrodę zgodnie z zasadami są bardzo odporne na starzenie.

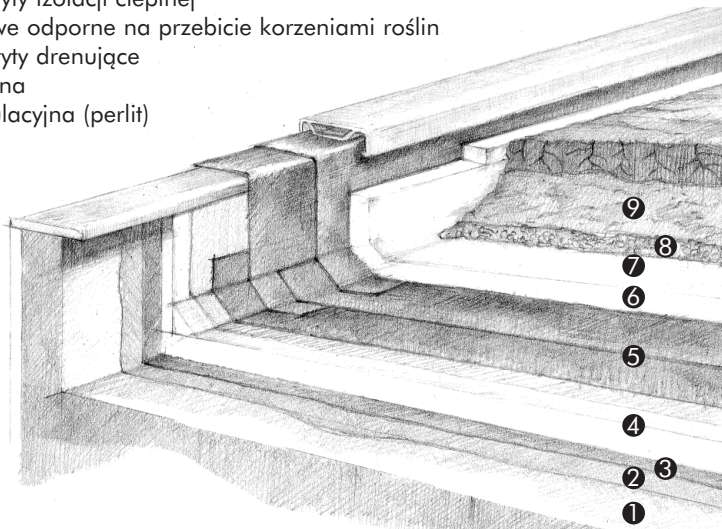
Są one odporne na działanie: wody, roztworów soli chemicznych, ługów, humusu i innych kwasów, materiałów nieorganicznych, takich jak wapno, cement, gips, a także materiałów bitumicznych. Dzięki swoim wytrzymałościowym właściwościom chronią one izolację przeciwwilgociową przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Przy lekko zamulonych gruntach lub jeśli drenaż tego typu jest stosowany do odwodnienia ogrodów dachowych, zalecane jest ułożenie bezpośrednio na płytach styropianowych tkaniny filtracyjnej. Zapobiega się w ten sposób zamuleniu drenażu przez drobne cząsteczki znajdujące się w warstwie humusu.

Styropianowe płyty drenażowe pozwalają zwiększyć obciążenie konstrukcji stropu o ok. 15 N/m^2 , natomiast 10-centymetrowa warstwa filtracyjna z otoczek zwiększa obciążenie o ok. 1800 N/m^2 . Stanowi to istotną różnicę nie tylko przy realizacji dachu i transporcie materiału, ale wpływa również na wymiarowanie konstrukcji nośnej.

Uwarstwienie „zielonego dachu”

1. Strop
2. Gładź wyrównawcza
3. Warstwa rozdzielcza i paroizolacja (np. papa asfaltowa z powłoką aluminiową)
4. Styropianowe płyty izolacji cieplnej
5. Pokrycie dachowe odporne na przebicie korzeniami roślin
6. Styropianowe płyty drenujące
7. Tkanina filtracyjna
8. Warstwa akumulacyjna (perlit)
9. Grunt roślinny



Zielone powierzchnie dachów wnoszą swój pozytywny wkład w poprawę naturalnego środowiska człowieka. Znajdujące się tam rośliny mają korzystny wpływ na poprawę jakości powietrza, co jest istotne zwłaszcza na terenie wielkich miast. Zielona wyspa na dachu stanowi również cenne miejsce do odprężenia i odpoczynku dla mieszkańców budynku. Zagospodarowanie powierzchni dachu poprawia wreszcie wykorzystanie przestrzeni.

Właściwe funkcjonowanie i trwałość dachu-ogrodu w dużej mierze zależą od dobrego działania warstwy drenu-

jącej, odprowadzającej wodę z całego układu. Płyty styropianowe są tu bardzo chętnie stosowane ze względu na wysoką jakość oraz bardzo łatwe układanie. Po prostu rozkłada się je na powierzchni, odpornej na przebicie przez korzenie roślin, pokrycia przeciwwodnego. Warstwa tkaniny filtracyjnej jest w dalszej kolejności luźno rozkładana na płytach drenujących.

Warstwa gruntu roślinnego jest наносzona na tak przygotowane podłoże zgodnie z zaleceniami sztuki ogrodniczej.

Warstwa drenująca z materiału dobrze przepuszczającego wodę, umieszczona przy ścianie piwnicy, nie pozwala na spiętrzenie wody infiltrującej z otoczenia w głąb gruntu. Przesączona przez warstwę drenażu woda jest zbierana u podnóża ściany przez perforowaną rurę odwadniającą i jest dalej odprowadzana do kanalizacji lub studzienek zbiorczych.

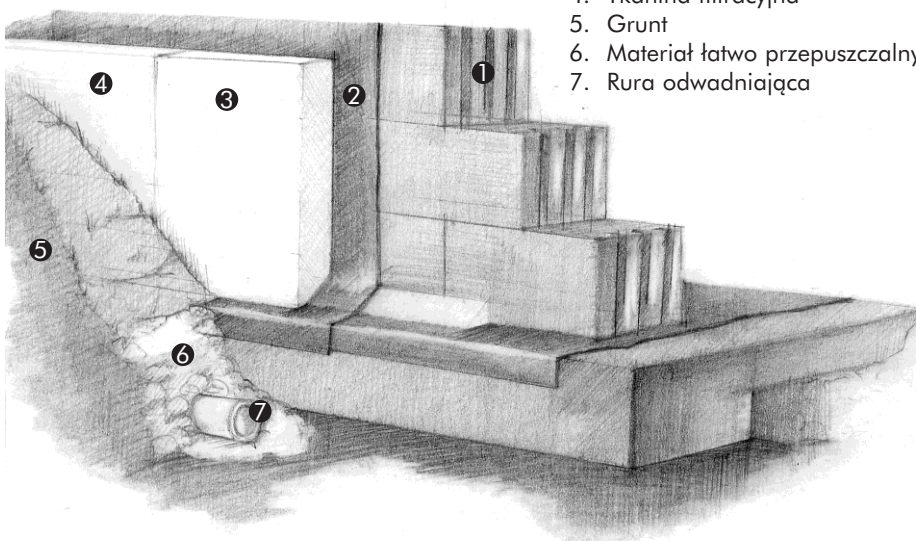
Styropianowe płyty drenujące są klejone do bitumicznej warstwy izolacji pionowej ściany fundamentowej. Jeśli w gruncie znajdują się frakcje pyłowe, to zalecane jest osłonięcie war-

stwy drenującej tkaniną filtracyjną. Tkanina o najdrobniejszym splocie jest po prostu zawieszana na powierzchni płyt styropianowych w miarę układania od dołu poszczególnych rzędów i mocowana na koniec przez wklejenie za najwyższy rząd płyt. Przy łączeniu w pionie poszczególnych pasm tkaniny należy stosować zakłady.

Przy obliczaniu oporu cieplnego ściany fundamentowej nie bierze się pod uwagę oporu warstwy drenującej.

Ochrona ściany zagłębionej w gruncie:

1. Ściana fundamentowa
2. Izolacja przeciwwilgociowa
3. Styropianowa płyta drenująca
4. Tkanina filtracyjna
5. Grunt
6. Materiał łatwo przepuszczalny
7. Rura odwadniająca



16. Styropian - wszechstronny materiał izolacyjny

Oprócz przedstawionych już poprzednio obszarów zastosowań, styropian może być z powodzeniem stosowany w wielu innych miejscach.

Oto niektóre przykłady:

- szalowanie strukturalne przy betonowaniu licowym
- elementy wypełniające i dźwiękochłonne
- elementy szalunku dla żelbetu
- wypełnienie oszczędnościowe ścian betonowych i stropów
- powłokowa izolacja rur
- wypełnienie nasypów ziemnych i konstrukcji oporowych
- odtwarzanie elewacji zabytkowych budynków.

Styropian jest używany także do profilowania różnego rodzaju gzymśów oraz do obramowań drzwi, okien czy sufitów.

Granulki styropianowe są stosowane do rozluźnienia struktury gruntu w ogrodnictwie, przy dużych pracach ziemnych związanych z kształtowaniem krajobrazu czy przy budowie boisk sportowych, itp. Duże bloki styropianowe są używane przy budowie ulic i nasypów kolejowych.

Wewnętrzna izolację termiczną ścian budynków realizuje się w przypadkach, gdy ze względu na zabytkowy charakter obiektu jego docieplanie od zewnątrz nie jest możliwe. Do tego

celu nadają się prefabrykowane płyty ociepleniowe, składające się z warstwy styropianu, płyty gipsowo-kartonowej wykończonej od wewnątrz tapetą, szpachlą gipsową, itp.

Jeszcze inną dziedziną zastosowania styropianu są kasetony sufitowe, które ocieplają i wygłuszają mieszkanie oraz maskują pęknięcia sufitów. Są łatwym, szybkim i wygodnym sposobem odnowienia mieszkania.

Nie bez powodu więc twierdzi się, że styropian jest jednym z najlepszych i najbardziej wszechstronnych materiałów izolacyjnych w budownictwie.

Żaden inny materiał nie daje lepszych efektów i to w dodatku po tak przystępnej cenie jak styropian. Prawie 40 lat doświadczeń z tym materiałem oraz bieżąca kontrola jakości gwarantują utrzymanie wymaganych właściwości styropianu na najwyższym poziomie, w każdym obszarze jego rozległych zastosowań.

17. Styropian - materiał izolacyjny przyjazny dla środowiska

Styropianowe materiały izolacyjne przyczyniają się do zmniejszenia zużycia energii na ogrzewanie, pozwalają zredukować emisję szkodliwych substancji do atmosfery, obniżają poziom hałasu we wnętrzach i zapewniają ich mieszkańcom przyjemny mikroklimat. Tak więc „chemia” nie musi wcale stanowić przeciwieństwa dla dbałości o środowisko naturalne.

Nie tylko w ostatnich latach, ale też i wcześniej można było słyszeć opinie, że należy używać w każdym przypadku jedynie materiałów naturalnych.

Takie stwierdzenie brzmi zupełnie dobrze i odpowiada duchowi czasu, ale jeśli podchodzimy do sprawy poważnie, to musimy natychmiast postawić pytanie: skąd brać te wielkie ilości drewna, korka, słomy, włókna kokosowego i jak uniknąć związanych z tą eksploatacją zniszczeń środowiska?

Styropian może więc być symbolem świadomej i odpowiedzialnej postawy oraz zorientowanego na ochronę środowiska przemysłu chemicznego, który wytwarza:

- **neutralne dla środowiska produkty końcowe**
- **przy oszczędnym wykorzystaniu surowców i energii.**

Styropian w praktyce utożsamiany jest więc ze:

- **zdrowym mikroklimatem i czystym powietrzem dzięki oszczędzaniu energii ogrzewania**
- **nieszkodliwością dla warstwy ozonowej**

Naturalnie do produkcji styropianu potrzebna jest energia. Ponieważ jednak styropian znakomicie izoluje, to w ciągu krótkiego czasu nakład energii potrzebnej do jego wytworzenia zwraca się. Później już środowisko naturalne zyskuje na styropianie poprzez zmniejszanie zużycia energii grzewczej i redukcję emisji do atmosfery szkodliwych produktów spalania.

Podstawą do produkcji styropianu są surowce naturalne. Z ropy naftowej wytwarzany jest podczas wieloetapowego procesu chemicznego polistyren do spieniania. Następnie zaś, poprzez spienianie granulatu polistyrenowego przy użyciu pary wodnej, produkowane są płyty styropianu.

Jako środka spieniającego przy produkcji styropianu używa się wyłączenie pentanu, który jest również substancją naturalną, występującą w naszym środowisku. Pentan nie należy do gazów powiększających efekt cieplarniany w ziemskiej atmosferze, nie jest też szkodliwy dla warstwy ozonowej.

Gotowy materiał izolacyjny składa się w 98% z najbardziej rozpowszechnionego, naturalnego produktu na naszej planecie, a mianowicie powietrza.

Styropianowe materiały izolacyjne są całkowicie neutralne dla ludzkiego zdrowia

Ten fakt został potwierdzony obszernymi badaniami medycznymi i chemicznymi. Styropian nie emituje ze swojej struktury żadnych substancji szkodliwych dla zdrowia, nie wywołuje alergii, nie drażni skóry ani dróg oddechowych. Nie stanowi żadnego zagrożenia nawet wtedy, gdy zostanie... połknięty. Dokoła nas spotykamy więc styropian w postaci pojemników na żywność, izolujących toreb, talerzyków, kubków, itp. Wszystkie zastosowania styropianu mają pozytywną akceptację Państwowego Zakładu Higieny (PZH).

Właściwości użytkowe w zgodzie z ochroną środowiska

W czasie, kiedy rozpoczynano produkcję styropianu, problem odpadów nie był jeszcze tak ostry jak obecnie. Także i w tym zakresie styropian charakteryzuje się szczególnymi zaletami.

Styropian nie tylko oszczędza energię jako materiał izolacyjny, ale również sam staje się źródłem energii, kiedy jest spalany jako odpad.

Rozdrobnione odpady styropianowe, które trafiają na wysypisko, przyczyniają się do jego dobrego napowietrzenia i w ten sposób ułatwiają i przyspieszają rozkład śmieci.

Styropian jest pod względem chemicznym całkowicie trwały i neutralny, w żadnym przypadku nie może więc wywoływać szkód w środowisku naturalnym.

Odpady styropianowe z zakładów przetwarzających styropian są stosowane jako surowce do innych nowoczesnych technologii. Poza tym można je wykorzystywać w budownictwie, jako np. dodatki do lekkiego betonu albo w rolnictwie i ogrodnictwie, jako środki spulchniające do gleby. Obecnie trwają również badania nad rozkładem styropianu w drodze pyrolizy na inne surowce, które będą przydatne dla przemysłu.

Dla projektantów, inwestorów, wykonawców i wszystkich, którzy troszczą się o środowisko, ważne jest, że zastosowanie STYROPIANU to ekologiczne rozwiązanie wszystkich problemów izolacyjnych.

18. Przepisy przeciwpożarowe związane z docieplaniem budynków od zewnątrz

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 1 marca 1999 r. w sprawie zakresu, trybu i zasad uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. Nr 22 poz. 206) wyszczególnia w paragrafie nr 4 projekty budynków, które powinny być przedmiotem takich uzgodnień:

„§ 4.1. Uzgodnienia wymagają projekty budowlane:

- 1) budynków użyteczności publicznej oraz zamieszkania zbiorowego lub ich części:
- a) w których mogą przebywać ludzie w grupach o liczebności powyżej 50 osób,
- b) o wysokości ponad 12m lub mających ponad 3 kondygnacje,
- 2) budynków mieszkalnych w zabudowie wielorodzinnej, mających ponad 4 kondygnacje,
- 3) budynków lub ich części zaliczonych do kategorii zagrożenia ludzi ZL II. (...)

§ 4.2. W wypadku rozbudowy, modernizacji lub kapitalnego remontu

obiektów, o których mowa w ust. 1, uzgodnienie jest wymagane, gdy ze względu na charakter lub rozmiar robót jest niezbędne sporządzenie projektu budowlanego.”

Wymagania dotyczące odporności pożarowej budynków zawarte są w rozporządzeniach: Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 14 grudnia 1994r. (Dz.U. Nr 10, poz. 46) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie oraz Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997r. (Dz.U. Nr 132, poz. 878) zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych.

Stanowią one m.in., że „elementy budynku zaliczonego do odpowiedniej klasy odporności pożarowej powinny spełniać wymagania w zakresie odporności ogniowej i rozprzestrzeniania ognia określone w tabeli (pominięto w niej wymagania dla konstrukcji nośnej i stropów):

Klasa odporności pożarowej budynku	Elementy budynku			
	Ścianki działowe i ściany ostonowe		Dachy, tarasy, konstr. nośna dachu	
	minimalna odporność ogniowa [min]	rozprzestrzenianie ognia	minimalna odporność ogniowa [min]	rozprzestrzenianie ognia
A	60	NRO	30	NRO
B	30	NRO	30	NRO
C	15	NRO	15	NRO
D	-	SRO*	-	SRO*
E	-	SRO	-	SRO

Oznaczenia: NRO - nierozprzestrzeniające ognia, SRO - słabo rozprzestrzeniające ogień

* dla budynków kategorii ZL II (zagrożenia ludzi) jest wymagane NRO

Znowelizowane przepisy przeciwpożarowe, dotyczące izolacji termicznej oraz ocieplania ścian zewnętrznych budynków zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997r., opublikowanym w Dzienniku Ustaw Nr 132, poz. 878, § 216, ustęp 7 i 8:

- „7. Okładzina zewnętrzna i jej zamocowanie mechaniczne, a także izolacja termiczna ściany zewnętrznej budynku na wysokości powyżej 25m od poziomu terenu muszą być wykonane z materiałów niepalnych.
- 8. Dopuszcza się ocieplenie ściany zewnętrznej budynku mieszkalnego, wzniesionego przed dniem wejścia w życie rozporządzenia, o wysokości do 11 kondygnacji włącznie, z użyciem samogasnącego polistyrenu spienionego, w sposób zapewniający nierozprzestrzenianie ognia.”

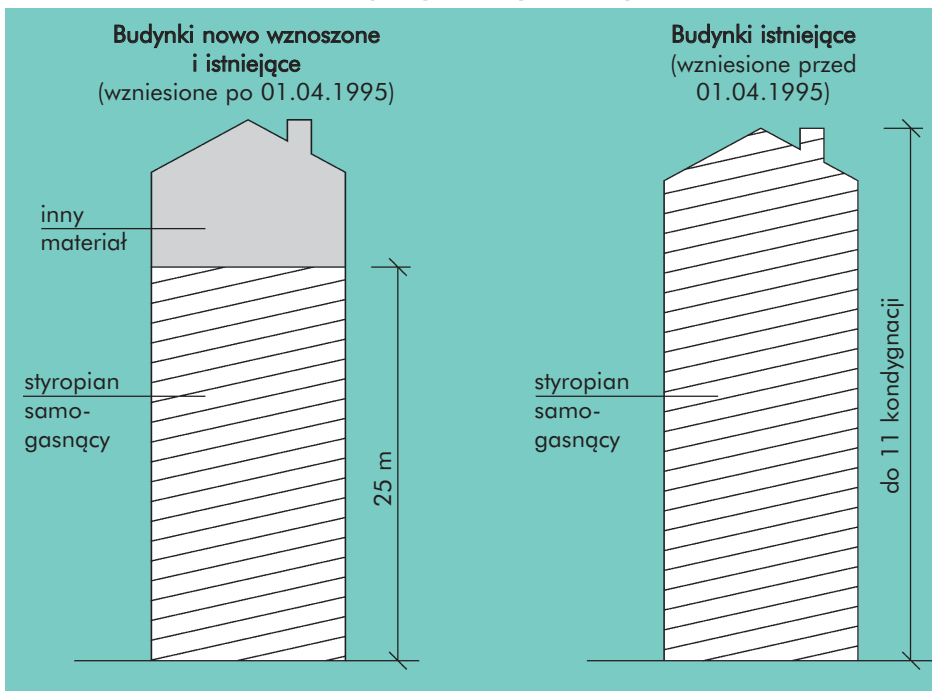
Na rynku budowlanym oferowane są tylko odmiany styropianu samogasnącego, oznaczonego symbolem FS. Materiał ten nie zapala się od iskry, pali się jedynie w obcym płomieniu, a po usunięciu z płomienia gaśnie i nie zapala się ponownie. Wyłącznie tego typu materiał jest stosowany do docieplania budynków mieszkalnych w naszym kraju.

Styropian samogasnący, ostonięty w lekkiej mokrej metodzie docieplania warstwami kleju i tynku strukturalnego, jest traktowany jako układ nierozprzestrzeniający ognia (NRO) i w myśl zacytowanego powyżej rozporządzenia jest dopuszczony do docieplania budynków istniejących o wysokości do 11 kondygnacji. Pod pojęciem budynków istniejących rozumie się obiekty wzniesione przed terminem wejścia w życie rozporządzenia, tj. przed 28 kwietnia 1998r. Nowo wznoszone budynki mogą być izolowane od zewnątrz styropianem do wysokości 25m. Przy izolowaniu, a także docieplaniu budynków wyższych niż 25m stosować można obok siebie dwie technologie: w części niższej - do wysokości 25m - z użyciem styropianu samogasnącego, wyżej z użyciem materiału całkowicie niepalnego. Takie połączenie pozwala w znaczący sposób zredukować obciążenia od warstw docieplających, bowiem ciężar równoważnej warstwy izolacyjnej z materiałów włóknistych jest dziesięciokrotnie większy, oraz obniżyć wyrażnie koszt całej inwestycji.

Należy dodać, że przepisy zawarte w rozporządzeniu są sformułowane bardzo ostrożnie, bowiem badania pożarowe elewacji ocieplonych przy użyciu styropianu, przeprowadzone w Polsce i za granicą wykazały, że ściana po ociepleniu styropianem nie zmienia w sposób istotny zachowania w tych warunkach i nie stanowiła dodatkowego zagrożenia dla ludzi. Zaś w 30-letniej praktyce stosowania w naszym kraju tego typu ociepleń nie było przypadku, aby były one przyczyną przenoszenia ognia pomiędzy mieszkaniami lub kondygnacjami.

Jeśli w jakichś warunkach jednak dojdzie do spalania styropianu, to istotny jest również fakt, że powstające przy tym gazy spalinowe nie stanowią szczególnego zagrożenia dla ludzi (styropian jest klasyfikowany jako materiał mało toksyczny, o wiele gorzej wypadają tu produkty naturalne, np. sosna lub świerk), a pozostałości po spalaniu nie są substancjami szkodliwymi dla środowiska i mogą być składowane na wysypiskach komunalnych.

**Przepisy przeciwpożarowe dotyczące izolacji termicznej
ścian zewnętrznych budynków wysokich**



19. Ustawa o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Prowadzona dotychczas w naszym kraju akcja docieplania budynków istniejących bazowała głównie na wprowadzonej w latach osiemdziesiątych ustawie dotyczącej usuwania tzw. wad technologicznych budynków. Celem tej akcji miało być usunięcie usterek związanych z pleśnieniem ścian i niedograniem mieszkań w blokach mieszkalnych. Docieplenia ścian rzadko łączone były z regulacją mocy systemu ogrzewania stosownie do zmniejszonego zapotrzebowania budynku na ciepło, a więc nie przynosiły zazwyczaj faktycznych oszczędności energii. Pomoc finansowa państwa miała formę bezzwrotnych dotacji z budżetu.

Natomiast celem ustawy z dnia 18 grudnia 1998r. (Dz.U. Nr 162, poz. 1121) jest wspieranie inwestycji, które spowodują:

- obniżenie zużycia energii potrzebnej do ogrzewania budynków i podgrzewania wody użytkowej
- zmniejszenie strat energii w lokalnych sieciach ciepłowniczych i lokalnych źródłach ciepła
- zamianę konwencjonalnych źródeł energii na odnawialne źródła niekonwencjonalne.

Finansowa forma wsparcia przez państwo inwestycji tego typu polega na przyznaniu inwestorowi premii termomodernizacyjnej, stanowiącej 25% kwoty kredytu bankowego wykorzystanego na realizację tej inwestycji.

Uzyskanie prawa do premii termomodernizacyjnej jest jednak obwarowane szeregiem warunków:

- wykonanie audytu energetycznego modernizowanego obiektu, wskazującego na podstawie analizy techniczno-ekonomicznej optymalne, z punktu widzenia kosztów, przedsięwzięcia oszczędnościowe
- audyt energetyczny musi być przed przyznaniem premii pozytywnie zweryfikowany przez Bank Gospodarstwa Krajowego lub wskazany przez niego podmiot
- realizowana inwestycja musi obniżyć zapotrzebowanie na energię co najmniej o 10% w budynkach, w których modernizuje się jedynie system grzewczy, w pozostałych o co najmniej 25%, dla sieci ciepłowniczych i źródeł ciepła również o 25%;
- kredyt udzielony przez bank komercyjny na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego nie może przekroczyć 80% kosztów tej inwestycji, a okres jego spłaty nie może przekroczyć 7 lat
- miesięczne spłaty kredytu wraz z odsetkami nie mogą być mniejsze od raty kapitałowej powiększonej o odsetki i nie powinny być jednocześnie większe od średnich miesięcznych oszczędności uzyskiwanych z realizacji inwestycji.

Bank Gospodarstwa Krajowego, wskazany przez ustawodawcę do utworzenia Funduszu Termomodernizacji, przekazuje premię termomodernizacyjną bankowi, który udzielił kredytu, jeśli:

- przedsięwzięcie zostało zrealizowane zgodnie z projektem budowlanym
- zostało zakończone w terminie określonym w umowie kredytu
- inwestor spłacił w terminie 75% wykorzystanego kredytu oraz odsetki naliczone do dnia nabycia prawa do premii.

20. Sposoby oznaczania styropianu

Gwarancja jakości styropianu: zgodność z Polską Normą

Właściwości styropianu, jako materiału izolacji budowlanej, są ściśle określone przez normy:

- PN EN 13163:2004, w której podano zasady klasyfikacji, istotne cechy i metody ich badań,
- projekt PN-B-20132, który określa rodzaje wyrobów, poziomy wymagań oraz zastosowania.

Producenci styropianu mogą starać się o uzyskanie od autoryzowanej placówki badawczej certyfikatu zgodności ich produkcji z normą PN EN 13163:2004. Aktualny certyfikat jest dla nabywcy najlepszą gwarancją jakości materiału.

Norma określa sposób znakowania płyt styropianowych przeznaczonych dla budownictwa:

Standardowe wymiary płyt: 1000mm x 500mm, grubości w przedziale od 10 do 200mm

Właściwości oraz sposoby znakowania innych rodzajów styropianu, są określane w odrębnych Aprobatach Technicznych wydawanych dla tych materiałów.

np.: PŁYTY STYROPIANOWE EPS 70 - 040 FASADA

EPS-EN 13163-T2-L2W2-S1-P3-BS115-CS(10)70-DS(N)2-DS(70,-)2-TR100

EPS - płyty ze styropianu (polistyrenu ekspandowanego)

70 - naprężenie ściskające przy 10 % odkształceniu

040 - maksymalne wymagane wartości deklarowane współczynnika przewodzenia ciepła, odpowiednio λ_D

FASADA - słowne części oznaczeń: FASADA, DACH, PODLOGA, PARKING stanowią skrótową informację o podstawowym zastosowaniu danego wyrobu

T - tolerancja grubości

L - tolerancja długości

W - tolerancja szerokości

S - tolerancja prostokątności

P - tolerancja płaskości

BS - poziom wytrzymałości na zginanie

CS(10) - poziom naprężeń ściskających przy 10% odkształceniu

DS(N) - poziom stabilności wymiarowej w normalnych warunkach laboratoryjnych (23°C, 50% wilgotności względnej)

DS(70,-) - poziom stabilności wymiarowej w temp. 70°C

TR - poziom wytrzymałości na rozciąganie