

PRZEGRODY PEŁNE
(ŚCIANY, DACHY, PODŁOGI NA GRUNCIE)
WG NOWYCH WYMAGAŃ PRAWNYCH
A SPEŁNIENIE WYMAGAŃ NA EP

Anna Lis
Politechnika Częstochowska

10. Dni Oszczędzania Energii, 21-22 października 2014 r.

ZAPISY DYREKTYW UNIJNYCH ZOBOWIĄZUJĄ WSZYSTKIE KRAJE CZŁONKOWSKIE DO PODEJMOWANIA DZIAŁAŃ ZWIĄZANYCH Z EFEKTYWNOŚCIĄ ENERGETYCZNĄ ORAZ **DO WPROWADZANIA KRAJOWYCH, DŁUGOTERMINOWYCH STRATEGII, REGULACJI PRAWNYCH I PRZEPISÓW W ZAKRESIE OSZCZĘDNOŚCI ENERGII.**

W POLSCE WYMAGANIA W ZAKRESIE IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII OPARTE SĄ NA PRZEPISACH **PRAWA BUDOWLANEGO** (USTAWA Z DNIA 7 LIPCA 1994 ROKU Z PÓŹNIEJSZYMI ZMIANAMI) I **ROZPORZĄDZENIU DO TEJŻE USTAWY ZAWIERAJĄCYM WARUNKI TECHNICZNE, JAKIM POWINNY ODPOWIADAĆ BUDYNKI I ICH USYTUOWANIE** (ROZPORZĄDZENIE Z DNIA 12 KWIETNIA 2002 ROKU Z PÓŹNIEJSZYMI ZMIANAMI).

WYMAGANIA W ZAKRESIE IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII WYRAŻONE SĄ PRZEZ WSKAŹNIK NIEODNAWIALNEJ ENERGII PIERWOTNEJ ORAZ IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNĄ PRZEGRÓD.

WARTOŚĆ WYZNACZANEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ PIERWOTNĄ ZALEŻY OD IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZEGRÓD.

AKTUALNE WYMAGANIA W ZAKRESIE IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII ZNAJDUJĄ SIĘ W ROZPORZĄDZENIU ZAWIERAJĄCYM ZMIANĘ DO WT - **DZU 2013 POZ. 926**

ZMIANY DOTYCZĄ:

- 1.** ODNIESIENIA WYMAGAŃ ZWIĄZANYCH Z IZOLACYJNOŚCIĄ CIEPLNĄ PRZEGRÓD DO POPRAWIONEGO WSP. PRZENIKANIA CIEPŁA U_c .
- 2.** WARTOŚCI GRANICZNE $U_{c(\text{MAX})}$ DLA POSZCZEGÓLNYCH PRZEGRÓD PEŁNYCH ZAWARTE SĄ JEDNEJ TABELI GRUPUJĄCEJ PRZEGRODY DLA WSZYSTKICH RODZAJÓW BUDYNKÓW.
- 3.** OSOBNĄ TABELĄ ZAWIERA WARTOŚCI $U_{(\text{MAX})}$ DLA OKIEN I DRZWI.
- 4.** WYMAGANIA ODNOŚNIE POSZCZEGÓLNYCH SKŁADNIKÓW EP ZEBRANO W TABELACH. DLA OGRZEWANIA, WENTYLACJI, CWU I OŚWIETLENIA SĄ TO WARTOŚCI LICZBOWE, WARTOŚĆ MAKSYMALNĄ EP NA POTRZEBY CHŁODZENIA WYZNACZA SIĘ ZE WZORU.
- 5.** NOWO PROJEKTOWANE BUDYNKI MUSZĄ SPEŁNIAĆ WYMAGANIA ZARÓWNO W ZAKRESIE EP, JAK I U_c .
- 6.** BUDYNKI PRZEBUDOWYWANE MAJĄ SPEŁNIAĆ TYLKO WYMAGANIA U_c I MAKSYMALNEJ POWIERZCHNI PRZEGRÓD PRZEZROCZYSTYCH.
- 7.** ZMNIEJSZANIE WARTOŚCI GRANICZNYCH EP I $U_{c(\text{MAX})}$ BĘDZIE WPROWADZANE STOPNIOWO ODPOWIEDNIO OD 1 STYCZNIA 2014, 2017 I 2021 ROKU.

MAKSYMALNE WARTOŚCI POPRAWIONEGO WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA $U_{C(max)}$ (DZU 2013, POZ. 926)

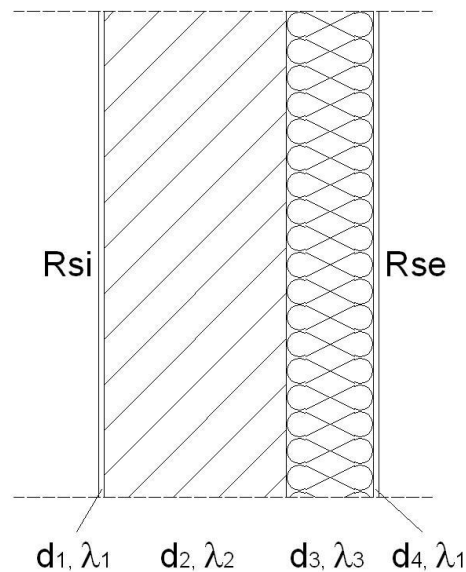
Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	$U_{C(max)}$, W/(m ² K)		
	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
Ściany zewnętrzne:			
- przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
- przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45	0,45	0,45
- przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90	0,90
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub przejazdami:			
- przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
- przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
- przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70	0,70
Podłogi na gruncie:			
- przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
- przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	1,20	1,20	1,20
- przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,50	1,50	1,50
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi:			
- przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25	0,25
- przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
- przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00	1,00

WYMAGANIA W STOSUNKU DO WSPÓŁCZYNNIKA U W KOLEJNYCH LATACH - $U_{(MAX)}$, $U_{C(MAX)}$, $U_{K(MAX)}$

Lata	Wymagania według	U_{max} , W/(m ² K)				
		Ściana	Strop nad piwnicą	Strop pod poddaszem	Stropodach	Okno
1955-1958	PN-B-02405:1953	1,163	1,163	1,04	0,87	-
1959-1965	PN-B-02405:1957	1,163	1,163	1,04	0,87	-
1966-1975	PN-B-03404:1964	1,163	1,163	1,04	0,87	-
1976-1982	PN-B-03404:1974	1,163	1,163	0,93	0,70	-
1983-1991	PN-B-02020:1982	0,75	1,16	0,40	0,45	2,6; 2,0
1992-1997	PN-B-02020:1991	0,55	0,60	0,30	0,30	2,6; 2,0
1998-2001	DzU Nr 132 30.06.97 DzU Nr 15 25.02.99	0,30 - jedn. 0,45 - už. pub.	0,60	0,30	0,30	2,6; 2,0
2002-2008	DzU Nr 75 12.04.02	0,30 - jedn. 0,45 - użyt.publ.	0,60	0,30	0,30	2,6; 2,0
2009-2013	DzU Nr 201 06.11.08	0,30	0,45	0,25	0,25	1,8; 1,7
2014-2016	DzU 2013 poz. 926	0,25	0,25	0,20	0,20	1,3
2017-2020	DzU 2013 poz. 926	0,23	0,25	0,18	0,18	1,1
od 2021	DzU 2013 poz. 926	0,20	0,25	0,15	0,15	0,9

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA

WEDŁUG PN-EN ISO 6946:2008



WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U

$$U = 1/R_T$$

U - współczynnik przenikania ciepła, W/(m² K)

R_T - całkowity opór cieplny, (m² K)/W

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

R_{si}, R_{se} - opory przejmowania ciepła na wewnętrznej/zewnętrznej powierzchni przegrody (z tablicy 1), (m²K)/W

R₁, ... R_n - obliczeniowe opory cieplne warstw, (m²K)/W

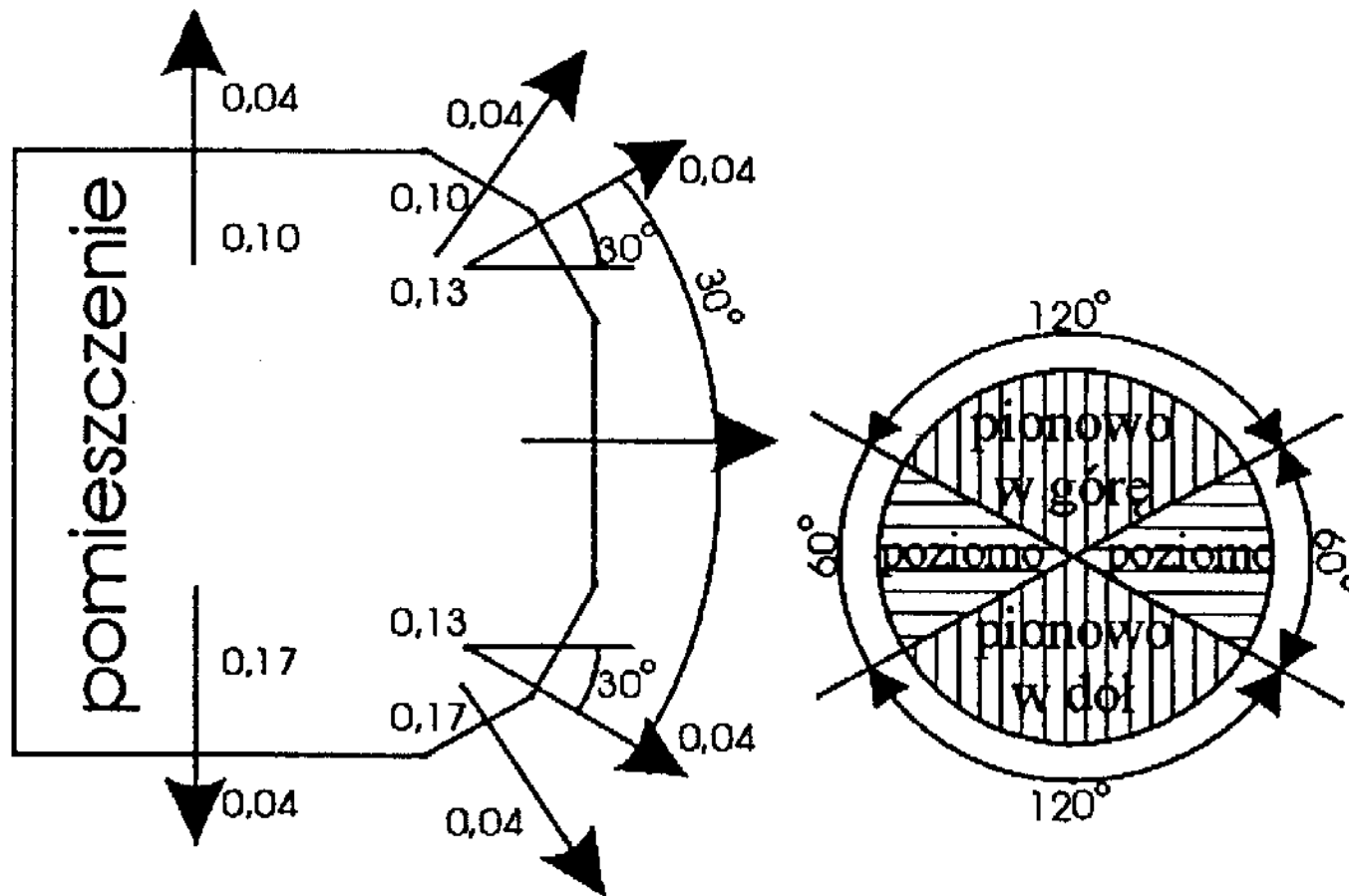
**TABLICA 1 - ZWYCZAJOWE OPORY PRZEJMOWANIA CIEPŁA
NA POWIERZCHNI**

Opór przejmowania ciepła $m^2 \cdot K/W$	Kierunek strumienia ciepła		
	W górę	Poziomy	W dół
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

UWAGA 1 Podane wartości są wartościami obliczeniowymi. W przypadku deklaracji współczynnika przenikania ciepła komponentów i w innych przypadkach, gdzie wymagane są wartości niezależne od kierunku strumienia ciepła lub gdy możliwa jest zmiana kierunku strumienia ciepła, zaleca się przyjmowanie wartości poziomego przepływu ciepła.

UWAGA 2 Opory przejmowania ciepła stosuje się do powierzchni w kontakcie z powietrzem. Nie stosuje się oporów przejmowania ciepła do powierzchni w kontakcie z innym materiałem.

OPORY PRZEJMOWANIA CIEPŁA PRZY RÓŻNYCH NACHYLENIACH POWIERZCHNI



OPORY CIEPLNE WARSTW

opór cieplny warstw jednorodnych R

$$R = d/\lambda$$

d - grubość warstwy, m

λ - współczynnik przewodzenia ciepła (m.in. z PN-EN ISO 12524:2003),
W/(mK)

opór cieplny warstw powietrza R_g

-niewentylowana warstwa powietrza

-słabo wentylowana warstwa powietrza

-dobrze wentylowana warstwa powietrza

$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} R_{T,v}$$

opór cieplny przestrzeni nieogrzewanych R_u

-przestrzeń dachowe

-inne przestrzenie

$$R_u = \frac{A_i}{\sum_k (A_{e,k} \times U_{e,k}) + 0,33 \times n \times V}$$

PN-EN ISO 12524:2003 MATERIAŁY I WYROBY BUDOWLANE. WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWE. TABELARYCZNE WARTOŚCI OBLICZENIOWE

Tablica 1 – Obliczeniowe wartości cieplne materiałów w zastosowaniach ogólnobudowlanych

Grupa materiałowa lub zastosowanie	Gęstość ρ kg/m ³	Obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła λ W/(m · K)	Ciepło właściwe c_p J/(kg · K)	Współczynnik oporu dyfuzyjnego	
				suchy	wilgotny
Asfalt	2100	0,70	1000	50000	50000
Bitum					
Czysty	1050	0,17	1000	50000	50000
Filc/arkusz	1100	0,23	1000	50000	50000
Beton ^(a)					
O średniej gęstości	1800	1,15	1000	100	60
	2000	1,35	1000	100	60
	2200	1,65	1000	120	70
O wysokiej gęstości	2400	2,00	1000	130	80
Zbrojony (z 1 % stali)	2300	2,3	1000	130	80
Zbrojony (z 2 % stali)	2400	2,5	1000	130	80

TABLICA 2 - OPÓR CIEPLNY NIEWENTYLOWANYCH WARSTW POWIETRZA O WYSOKIEJ EMISYJNOŚCI POWIERZCHNI

Grubość warstwy powietrza	Opór cieplny $m^2 \cdot K/W$		
	Kierunek strumienia ciepła		
mm	W górę	Poziomy	W dół
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

UWAGA Wartości pośrednie można otrzymać przez interpolację liniową.

TABLICA 3 - OPÓR CIEPLNY PRZESTRZENI DACHOWYCH

Charakterystyki dachu		R_u m ² ·K/W
1	Pokrycie dachówką bez papy (folii), płyt poszycia itp.	0,06
2	Pokrycie arkuszowe lub dachówką z papą (folią), płytami poszycia itp. pod dachówką	0,2
3	Jak w 2 (powyżej) lecz z okładziną aluminiową lub inną niskoemisyjną powierzchnią od spodu dachu	0,3
4	Pokrycie papą na płytach poszycia	0,3

UWAGA Wartości podane w niniejszej tabelicy uwzględniają opór cieplny przestrzeni wentylowanej i konstrukcji dachu. Nie uwzględniają one zewnętrznych oporów przejmowania ciepła R_{se} .

OPORY CIEPLNE WARSTW

opór cieplny komponentu składającego się z warstw jednorodnych i niejednorodnych

$$R_T = (R'_T + R''_T) / 2$$

R'_T - kres górny całkowitego oporu cieplnego, $(m^2K)/W$,

R''_T - kres dolny całkowitego oporu cieplnego, $(m^2K)/W$,

$$1/R'_T = (f_a/R_{Ta}) + (f_b/R_{Tb}) + \dots + (f_q/R_{Tq})$$

f_a, f_b, \dots, f_q - względne pola powierzchni sekcji,

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$ - całkowite opory cieplne sekcji, $(m^2K)/W$

$$R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Równoważna przewodność cieplna λ''_j warstwy niejednorodnej

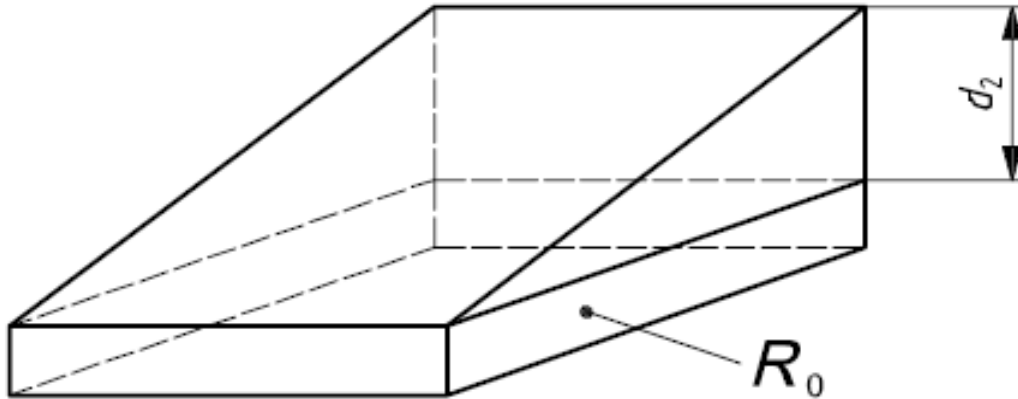
$$\lambda''_j = (\lambda_{aj} \times f_a) + (\lambda_{bj} \times f_b) + \dots + (\lambda_{qj} \times f_q)$$

Równoważny opór cieplny R_j warstwy niejednorodnej

$$R_j = d_j / \lambda''_j$$

OPORY CIEPLNE WARSTW

współczynnik przenikania ciepła komponentu z warstwą o zmiennej grubości (załącznik C)



$$U = (1/R_2) \times \ln [1 + (R_2/R_0)]$$

R_2 - maksymalny opór cieplny warstwy o zmiennej grubości, $(m^2K)/W$

R_0 - obliczeniowy opór cieplny pozostałej części wraz z R_{si} i R_{se} , $(m^2K)/W$

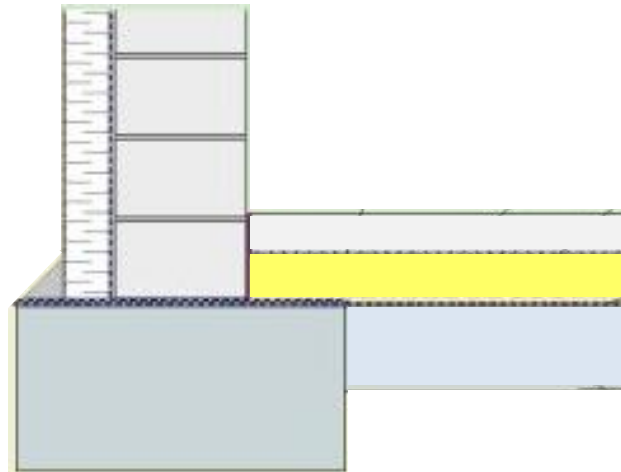
$$R_2 = d_2/\lambda_t$$

d_2 - maksymalna grubość warstwy o zmiennej grubości, m

λ_t - współczynnik przewodzenia ciepła części o zmiennej grubości, $W/(mK)$

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PRZEGRÓD PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

WEDŁUG PN-EN ISO 13370:2008



WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Podłoga typu płyta na gruncie nieizolowana lub równomiernie izolowana na całej powierzchni

- podłoga nie izolowana lub średnio izolowana - $d_t < B'$

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right)$$

- podłoga dobrze izolowana - $d_t \geq B'$

$$U = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t}$$

B' - parametr charakterystyczny podłogi, m

λ - gruntu, w/(mK)

d_t - całkowita grubość ekwiwalentna podłogi podziemia, m

$$d_t = w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{se})$$

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Podłoga na gruncie izolowana krawędziowo $U = U_0 \frac{2\Psi_{g,e}}{B'}$

dla pionowej $\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln\left(\frac{2D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1\right) \right]$

dla poziomej $\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln\left(\frac{D}{d_t} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_t + d'} + 1\right) \right]$

U_0 - współczynnik bez izolacji krawędziowej, W/(m²K)

d' - grubość ekwiwalentna wynikająca z izolacji krawędziowej, m

$$d' = R' \times \lambda$$

R' - dodatkowy opór cieplny związany z izolacją krawędziową, (m²K)/W

$$R' = R_n - (d_n/\lambda)$$

R_n - opór cieplny poziomej lub pionowej izolacji krawędziowej, (m²K)/W

d_n - grubość izolacji krawędziowej, m

D - szerokość izolacji krawędziowej, m

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Podłoga podziemia ogrzewanego

- podłoga nie izolowana lub średnio izolowana - $d_t + 0,5z < B'$

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0,5z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0,5z} + 1\right)$$

- podłoga dobrze izolowana - $d_t + 0,5z \geq B'$

$$U_{bf} = \frac{\lambda}{0,457 \times B' + d_t + 0,5 \times z}$$

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA ŚCIAN PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Ściana podziemia ogrzewanego

$$\text{Dla } d_w \geq d_t \quad U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$

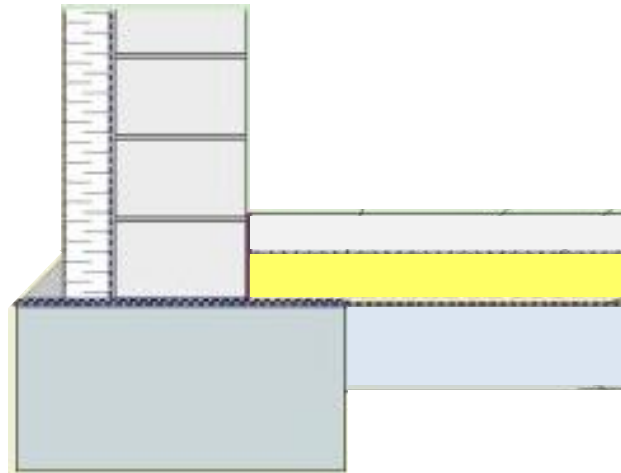
$$\text{Dla } d_w < d_t \quad U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_w}{d_w + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$

Całkowita grubość ekwiwalentna ścian podziemia, m

$$d_w = \lambda (R_{si} + R_w + R_{se})$$

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PRZEGRÓD PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

WEDŁUG PN-EN ISO 12831:2006



WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Współczynnik przenikania ciepła dla podłogi na gruncie $U_{\text{equiv, bf}}$

przyjmuje się z nomogramów lub tablic w zależności od:

- wartości zagłębienia podłogi poniżej poziomu terenu - z , m
- wartości współczynnika przenikania ciepła obliczonego dla konstrukcji podłogi - U , $W/(m^2K)$
- wartości parametru charakterystycznego podłogi - B' , m

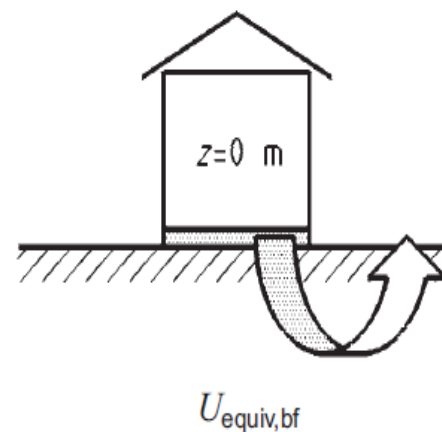
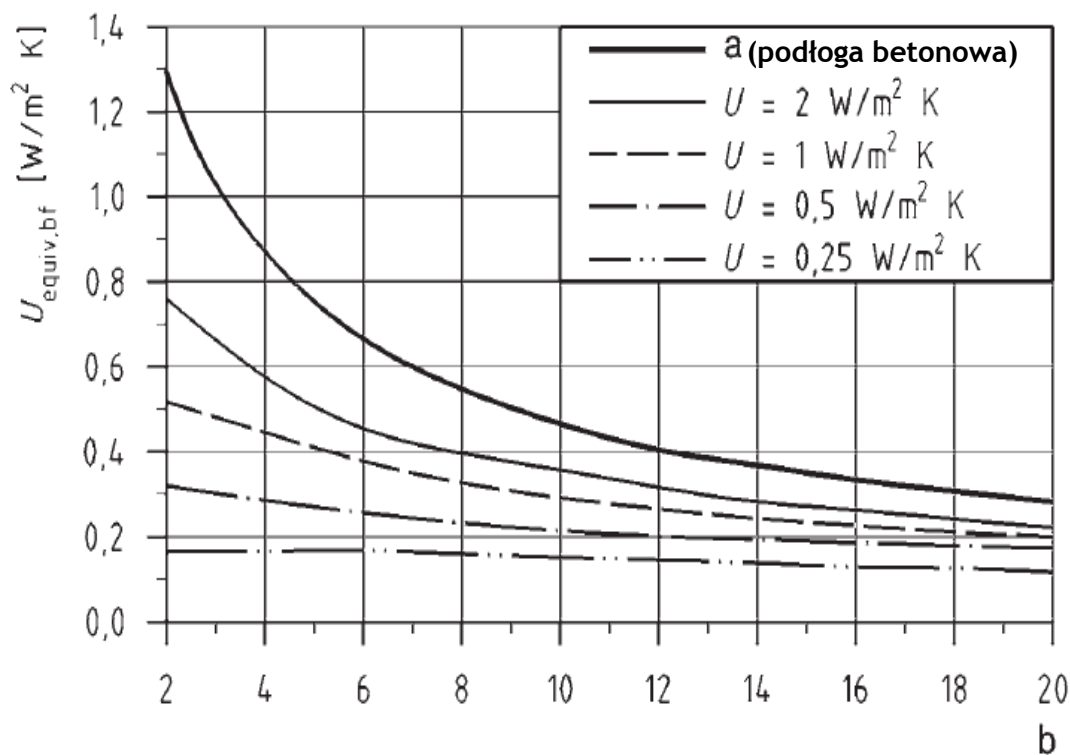
$$B' = A_g / (0,5 \times P)$$

A_g - powierzchnia podłogi po obrysie zewnętrznym, m^2

P - obwód płyty podłogowej (tylko wzdłuż ścian zewnętrznych), m

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Płyta podłogowa na poziomie terenu, $z = 0$ m



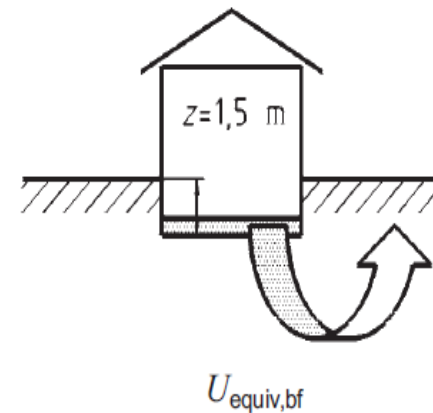
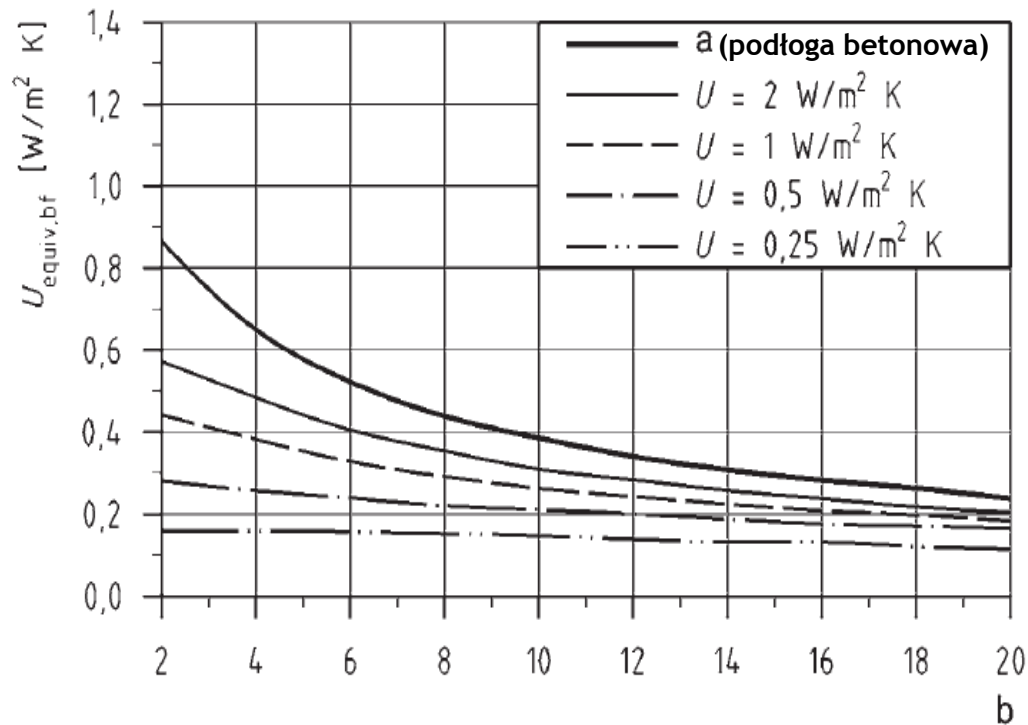
WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Płyta podłogowa na poziomie terenu, $z = 0$ m

Wartość B' m	$U_{\text{equiv,bf}}$ (dla $z = 0$ metrów) $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$				
	bez izolacji	$U_{\text{podłogi}} =$ $2,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_{\text{podłogi}} =$ $1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_{\text{podłogi}} =$ $0,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_{\text{podłogi}} =$ $0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Podziemie ogrzewane z płytą podłogową poniżej poziomu terenu, $z = 1,5$ m ($z = 3,0$ m)



WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA PODŁÓG PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Podziemie ogrzewane z płytą podłogową poniżej poziomu terenu, $z = 1,5$ m ($z = 3,0$ m)

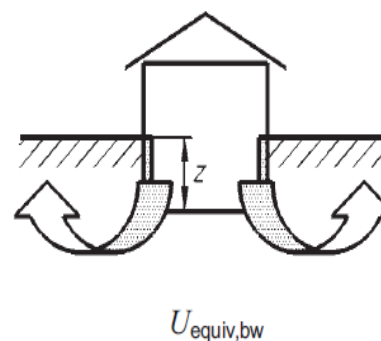
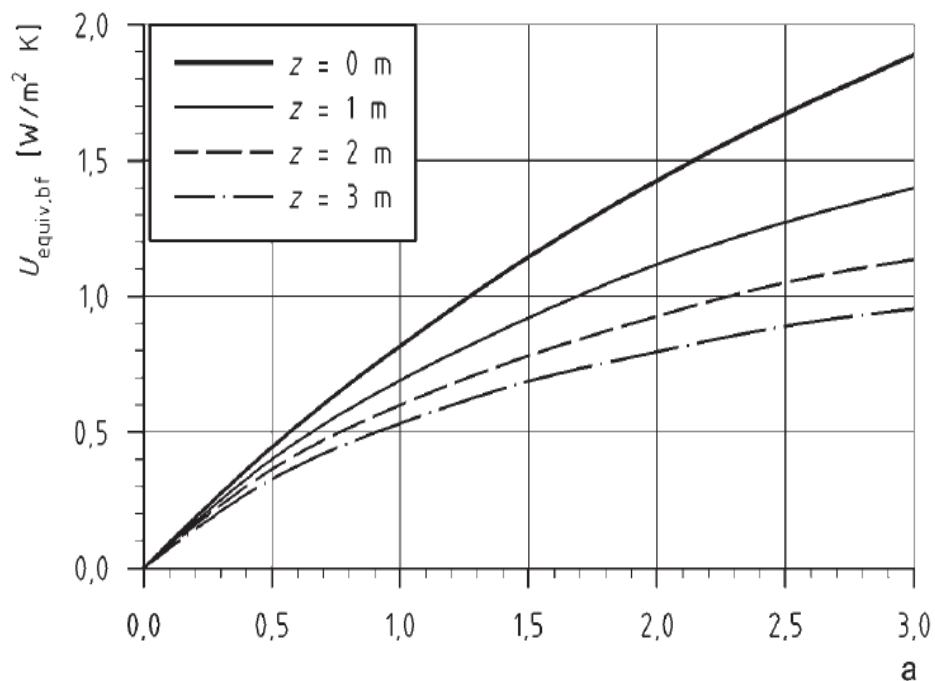
Wartość B' m	$U_{equiv,bf}$ (dla $z = 1,5$ metra) $W/m^2 \cdot K$				
	bez izolacji	$U_{podłogi} = 2,0 W/m^2 \cdot K$	$U_{podłogi} = 1,0 W/m^2 \cdot K$	$U_{podłogi} = 0,5 W/m^2 \cdot K$	$U_{podłogi} = 0,25 W/m^2 \cdot K$
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
8	0,44	0,35	0,29	0,23	0,15
10	0,38	0,31	0,26	0,21	0,14
12	0,34	0,28	0,24	0,19	0,14
14	0,30	0,25	0,22	0,18	0,13
16	0,28	0,23	0,20	0,17	0,12
18	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12
20	0,24	0,20	0,18	0,15	0,11

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA ŚCIAN PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany ogrzewanego podziemia $U_{\text{equiv, bw}}$

przyjmuje się z nomogramów lub tablic w zależności od:

- wartości zagłębienia podłogi poniżej poziomu terenu - z , m
- wartości współczynnika przenikania ciepła obliczonego dla konstrukcji ściany - U , $W/(m^2K)$



WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA ŚCIAN PRZYLEGAJĄCYCH DO GRUNTU

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany ogrzewanego
podziemia $U_{\text{equiv, bw}}$

$U_{\text{ściany}}$ $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_{\text{equiv, bw}}$ $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$			
	$z = 0 \text{ m}$	$z = 1 \text{ m}$	$z = 2 \text{ m}$	$z = 3 \text{ m}$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,00	1,89	1,41	1,13	0,96

POPRAWIONY WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U_c (ZAŁĄCZNIK D)

$$U_c = U + \Delta U$$

U_c - poprawiony współczynnik przenikania ciepła, $W/(m^2K)$

ΔU - człon korekcyjny

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

ΔU_g - poprawka z uwagi na pustki powietrzne, $W/(m^2K)$

ΔU_f - poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne, $W/(m^2K)$

ΔU_r - poprawka z uwagi na dach o odwróconym układzie warstw, $W/(m^2 K)$

Jeśli $\Delta U < \text{niż } 3 \%$ wartości U , to wpływ poprawek pomijamy

POPRAWKA Z UWAGI NA PUSTKI POWIETRZNE W WARSTWIE IZOLACJI U_g

- szczeliny między arkuszami izolacyjnymi, płytami lub matami lub między izolacją i elementami konstrukcji, w kierunku strumienia ciepła
- wnęki w izolacji lub między izolacją i konstrukcją, prostopadłe do kierunku strumienia ciepła

$$\Delta U_g = \Delta U'' \times \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

$\Delta U''$ - poprawka z uwagi na pustki powietrzne (wartość $\Delta U''$ - tablica D.1, przykłady poprawek - p. D.2.3)

R_1 - opór cieplny warstwy izolacji - zawierającej szczeliny, (m² K)/W

$R_{T,h}$ - całkowity opór cieplny komponentu z pominięciem mostków cieplnych, (m² K)/W

TABLICA D.1 - POPRAWKA Z UWAGI NA PUSTKI POWIETRZNE $\Delta U''$

Poziom	Opis	$\Delta U''$ W/(m ² ·K)
0	Brak pustek powietrznych w obrębie izolacji, lub gdy występują tylko mniejsze pustki powietrzne, które nie mają znaczącego efektu na współczynnik przenikania ciepła.	0,00
1	Pustki powietrzne przechodzące od ciepłej do zimnej strony izolacji, ale nie powodujące cyrkulacji powietrza między ciepłą i zimną stroną izolacji.	0,01
2	Pustki powietrzne przechodzące od ciepłej do zimnej strony izolacji, łącznie z wnękami powodującymi swobodną cyrkulację powietrza między ciepłą i zimną stroną izolacji.	0,04

POPRAWKA Z UWAGI NA ŁĄCZNIKI MECHANICZNE W WARSTWIE IZOLACJI U_f

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f \times A_f \times n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

$\alpha = 0,8$ - łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji,

$\alpha = 0,8 \times (d_1 / d_0)$ - łącznik wpuszczony

λ_f - współczynnik przewodzenia ciepła łącznika ($\lambda_f > 1$), W/(mK)

A_f - pole przekroju poprzecznego jednego łącznika, m²

n_f - liczba łączników na metr kwadratowy powierzchni przegrody,

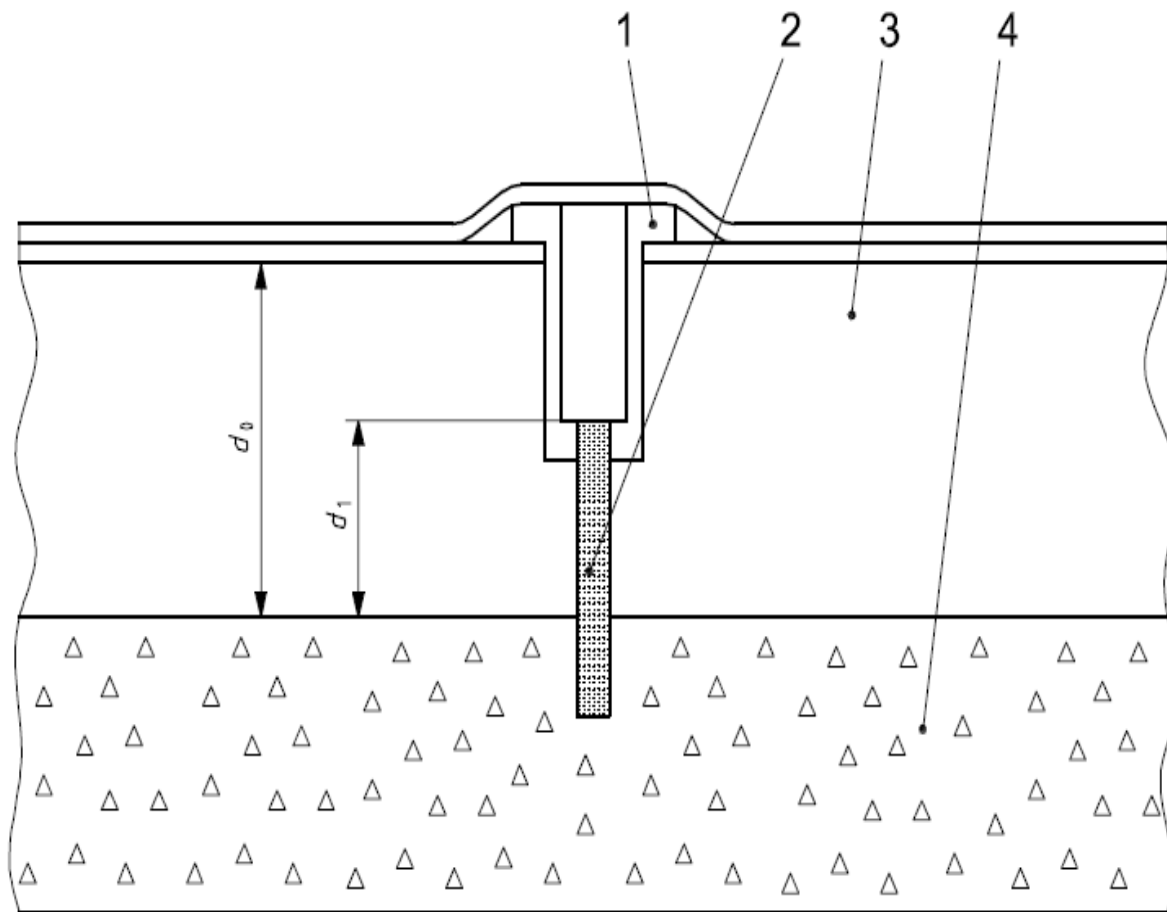
d_0 - grubość warstwy izolacji zawierającej łącznik, m

d_1 - długość łącznika, który przebija warstwę izolacyjną, m

R_1 - opór cieplny warstwy izolacji przebijanej przez łączniki, (m²K)/W

$R_{T,h}$ - całkowity opór cieplny komponentu, (m²K)/W

POPRAWKA Z UWAGI NA ŁĄCZNIKI MECHANICZNE W WARSTWIE IZOLACJI U_f



wpuszczony łącznik dachowy

POPRAWKA Z UWAGI NA PRZEPŁYW WODY DESZCZOWEJ MIĘDZY IZOLACJĄ CIEPLNĄ A MEMBRANĄ WODOCHRONNĄ U_r

$$\Delta U_r = p \times f \times x \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2$$

p - średnia wartość opadów atmosferycznych podczas sezonu grzewczego, na podstawie danych odpowiednich dla lokalizacji, np. stacji meteorologicznej lub podana przez przepisy lokalne, regionalne czy krajowe lub inne dokumenty krajowe czy normy,

$p = 1,2$ mm/dzień

f - czynnik deszczowy podający frakcję p dochodzącą do membrany wodochronnej,

x - współczynnik zwiększania strat ciepła spowodowanych przez wodę deszczową wpływającą na membranę, (W×dzień)/(m²×K×mm)

$f \times x = 0,04$

R_1 - opór cieplny warstwy izolacji, (m² × K)/W

R_T - całkowity opór cieplny konstrukcji, (m² × K)/W

WYMAGANIA DLA PRZEGRÓD PEŁNYCH W ZAKRESIE IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ

WARUNKI TECHNICZNE
DZU 2013 POZ. 926

DZIAŁ X
OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII
I IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNA

ZAŁĄCZNIK 2, PKT. 1 (TABELA)

$$U_c \leq U_c (\text{max})$$

Lp.	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m ² · K)]		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r. ^{*)}
1	2	3		
1	Ściany zewnętrzne:			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45	0,45	0,45
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90	0,90	
2	Ściany wewnętrzne:			
	a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00	1,00
	b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30	0,30	
3	Ściany przyległe do szacelin dylatacyjnych o szerokości:			
	a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm	1,00	1,00	1,00
b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	0,70	0,70	0,70	
4	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
5	Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70	0,70	
6	Podłogi na gruncie:			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	1,20	1,20	1,20
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,50	1,50	1,50	
7	Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi:			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25	0,25
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00	1,00	
8	Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne:			
	a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00	1,00
	b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,25	0,25	0,25	

Pomieszczenie ogrzewane – pomieszczenie, w którym na skutek działania systemu ogrzewania lub w wyniku bilansu strat i zysków ciepła utrzymywana jest temperatura, której wartość została określona w § 134 ust. 2 rozporządzenia.

t_i – temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.

^{*)} Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA U_k Z MOSTKAMI CIEPLNYMI LINIOWYMI WG PN-EN ISO 14683:2008

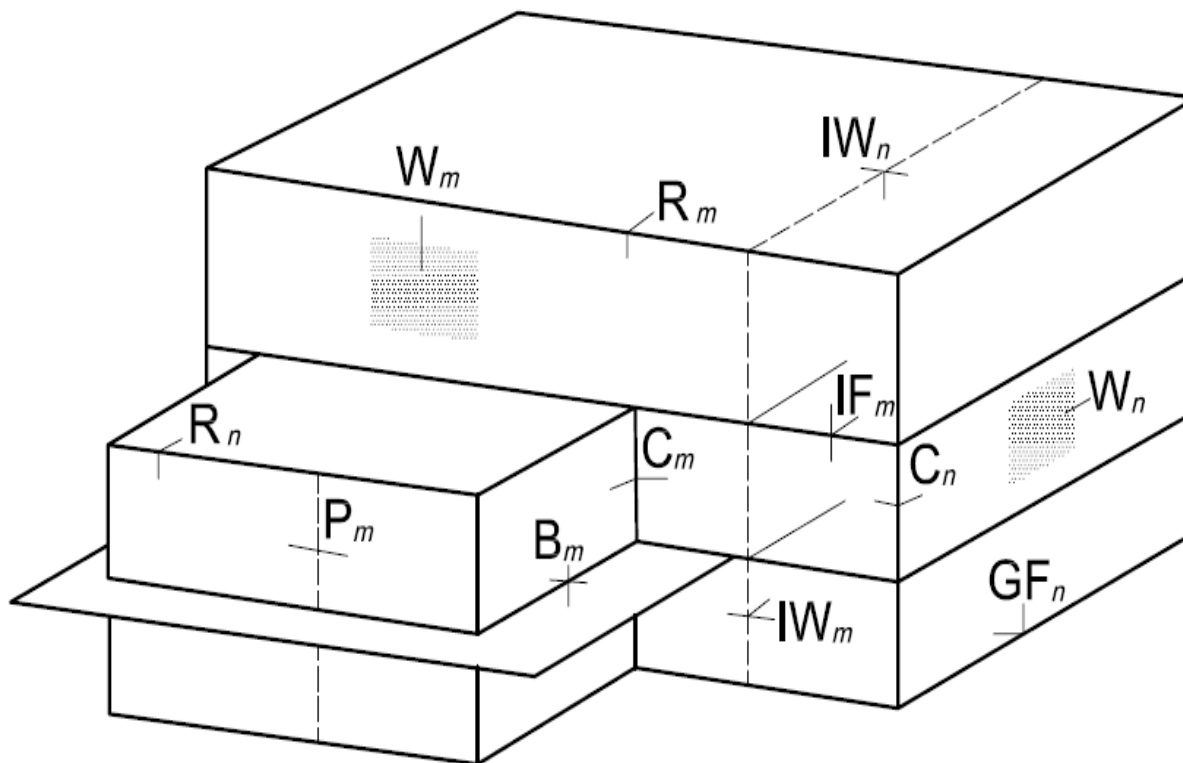
$$U_k = U_c + [(\Psi_k \times l_k) / A_k]$$

l_k - długość liniowego mostka termicznego, m

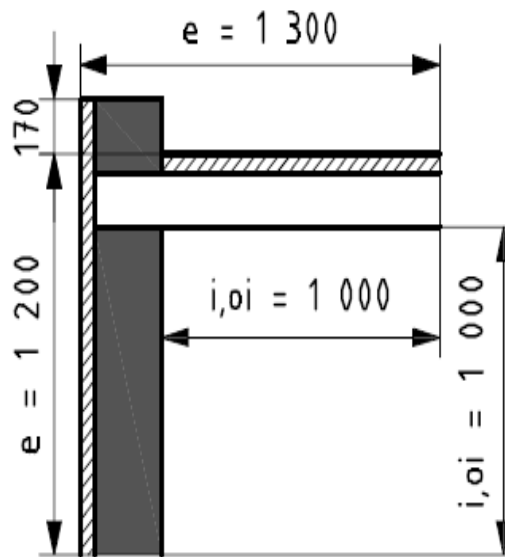
Ψ_k - liniowy współczynnik przenikania ciepła, W/(m K)

A_k - pole powierzchni, do której ma zastosowanie wartość U_k , m²

Lokalizacja i typy najczęściej występujących mostków cieplnych w budynkach

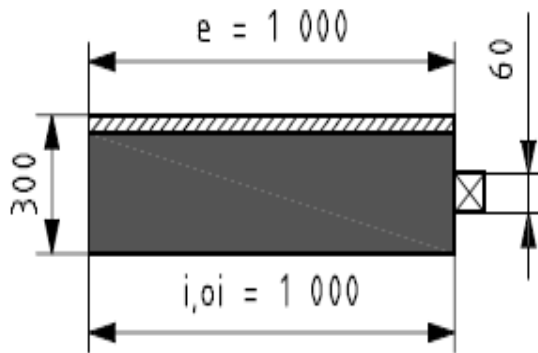


PRZYKŁADOWE WARTOŚCI LINIOWEGO WSPÓŁCZYNNIKA
 PRZENIKANIA CIEPŁA Ψ_k
 TABLICA A.2 WG PN-EN ISO 14683:2008



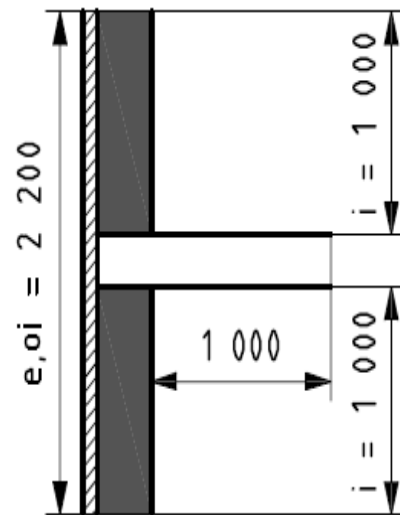
R5

$$\begin{aligned}\Psi_e &= 0,60 \\ \Psi_{oi} &= 0,80 \\ \Psi_i &= 0,80\end{aligned}$$



W7

$$\begin{aligned}\Psi_e &= 0,45 \\ \Psi_{oi} &= 0,45 \\ \Psi_i &= 0,45\end{aligned}$$



IF1

$$\begin{aligned}\Psi_e &= 0,00 \\ \Psi_{oi} &= 0,00 \\ \Psi_i &= 0,10\end{aligned}$$

DOSTOSOWANIE GRUBOŚCI IZOLACJI DO OBOWIĄZUJĄCYCH WYMAGAŃ

ZWIĘKSZENIE GRUBOŚCI TERMOIZOLACJI W PRZEGRODZIE PRZY DANYM POZIOMIE IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZEGRODY WG WYMAGAŃ WT 2008 DLA MATERIAŁU TERMOIZOLACYJNEGO O $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$

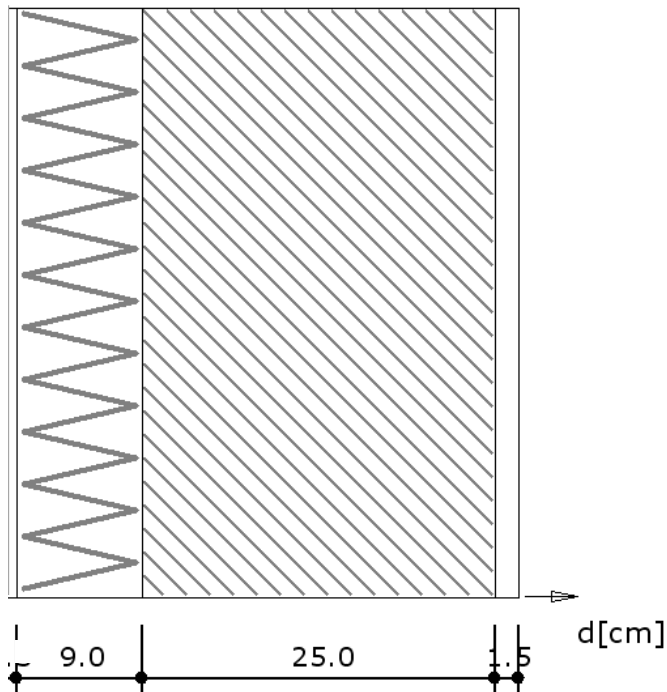
Rodzaj przegrody	$U_{(max)}$ 2009	$U_{C(max)}$ 2014	d_{min}	$U_{C(max)}$ 2017	d_{min}	$U_{C(max)}$ 2021	d_{min}
	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m	W/(m ² K)	m	W/(m ² K)	m
Ściana zewnętrzna	0,30	0,25	0,027	0,23	0,041	0,20	0,067
Dach/Stropodach	0,25	0,20	0,040	0,18	0,062	0,15	0,107
Strop pod poddaszem	0,25	0,20	0,040	0,18	0,062	0,15	0,107
Strop nad piwnicą	0,45	0,25	0,071	0,25	0,071	0,25	0,071
Podłoga na gruncie	0,45	0,30	0,040	0,30	0,040	0,30	0,040

WYMAGANA GRUBOŚĆ IZOLACJI DLA ŚCIAN PRZY DANEJ WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Przy $U=0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Styropian
 $\lambda=0,04 \text{ W}/(\text{mK})$

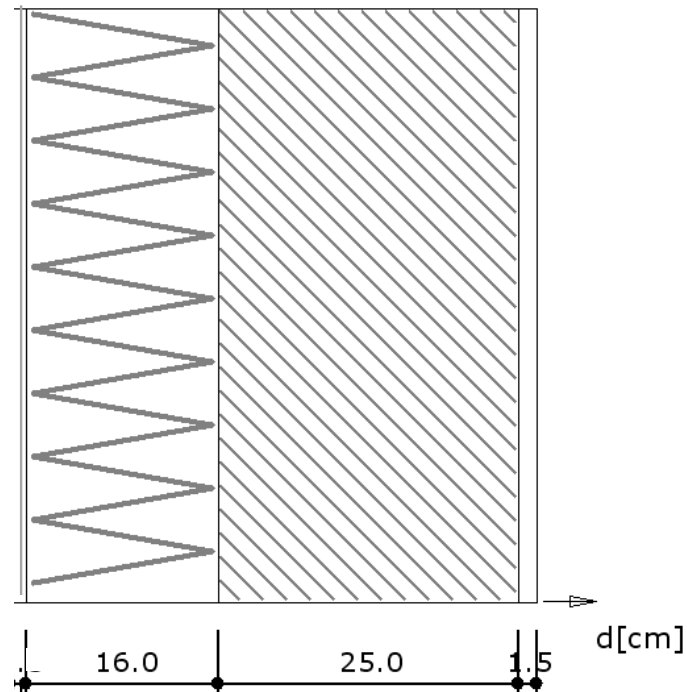
Porotherm



Przy $U_c=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Styropian
 $\lambda=0,04 \text{ W}/(\text{mK})$

Porotherm

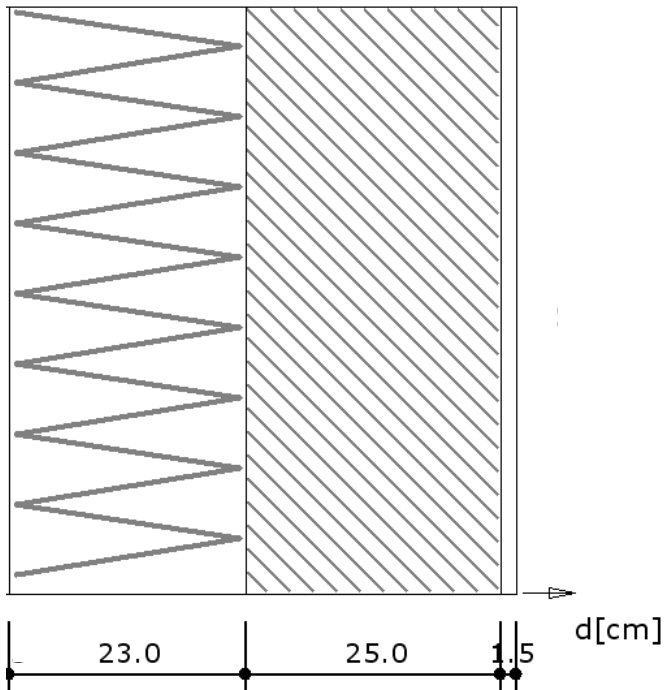


WYMAGANA GRUBOŚĆ IZOLACJI DLA ŚCIAN PRZY DANEJ WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Przy $U_c = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Styropian
 $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$

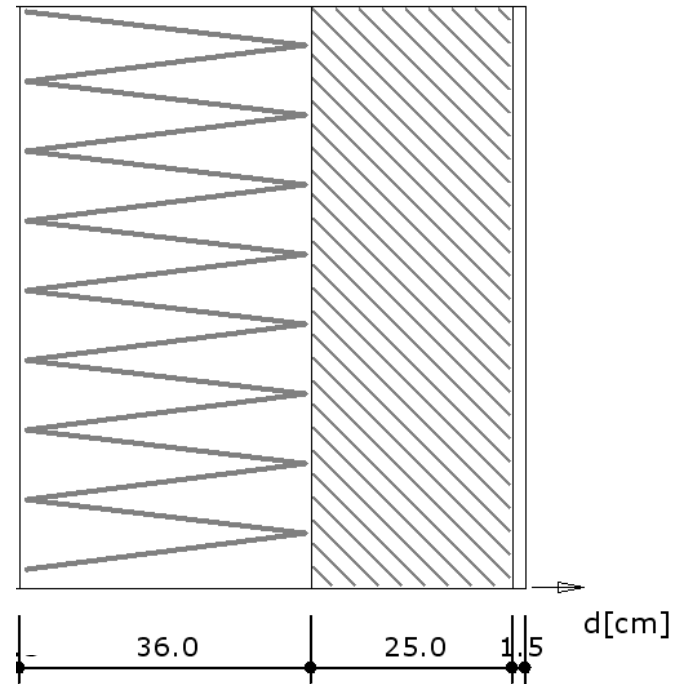
Porotherm



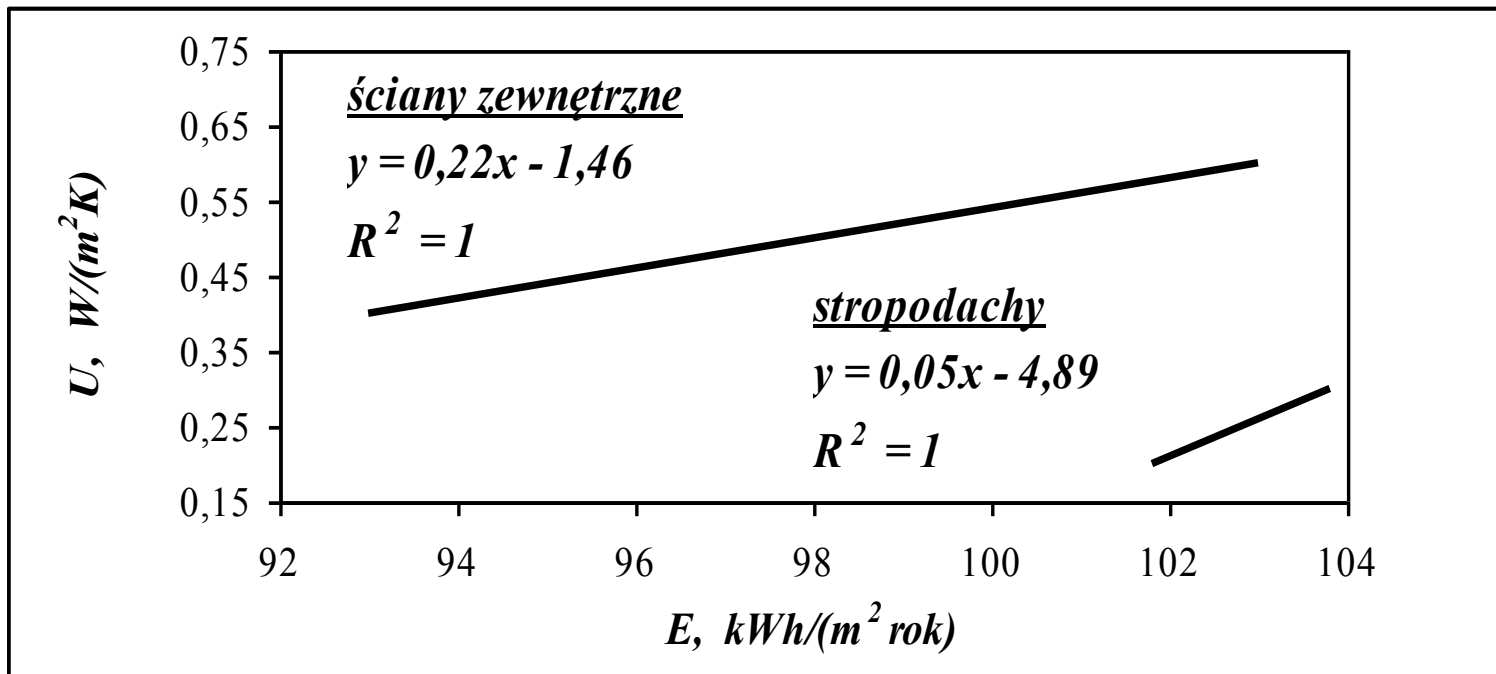
Przy $U_c = 0,10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Styropian
 $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$

Porotherm

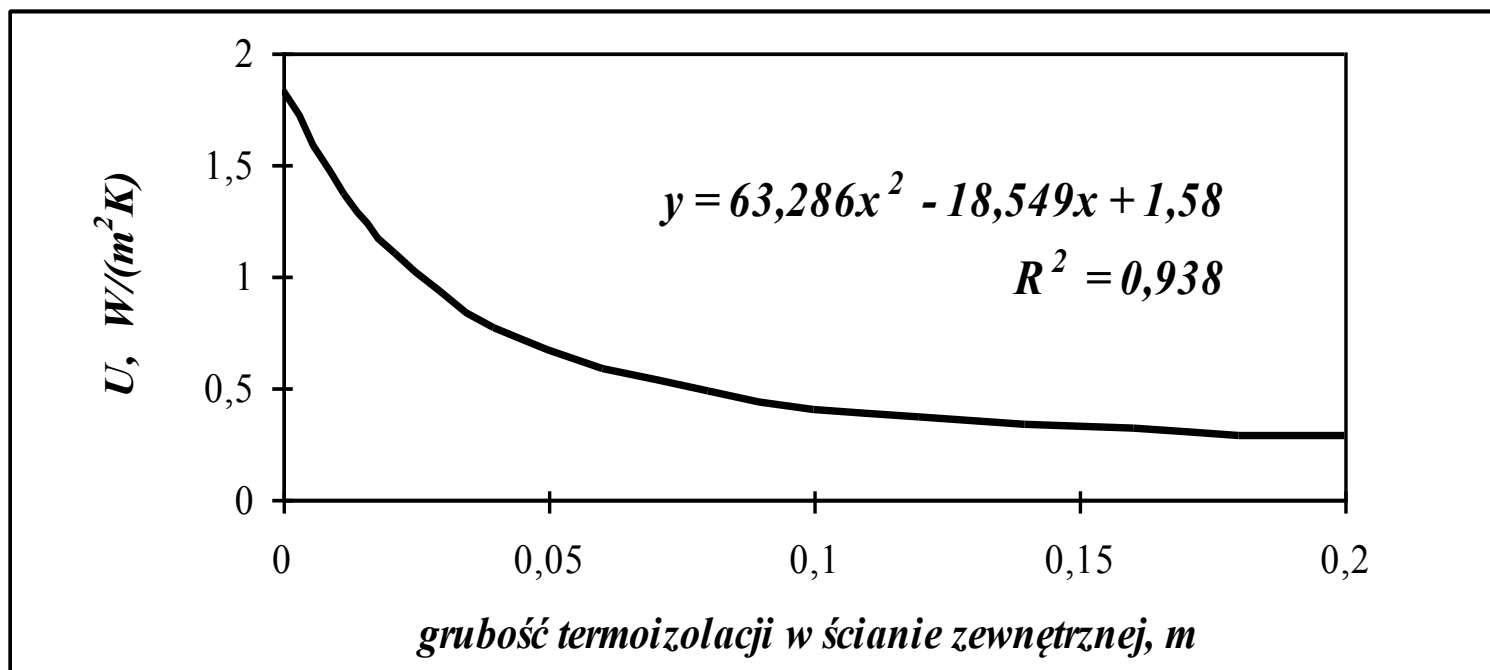


WPLYW WSPÓLCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA ŚCIANY NA ZUŻYCIE CIEPŁA DO OGRZEWANIA



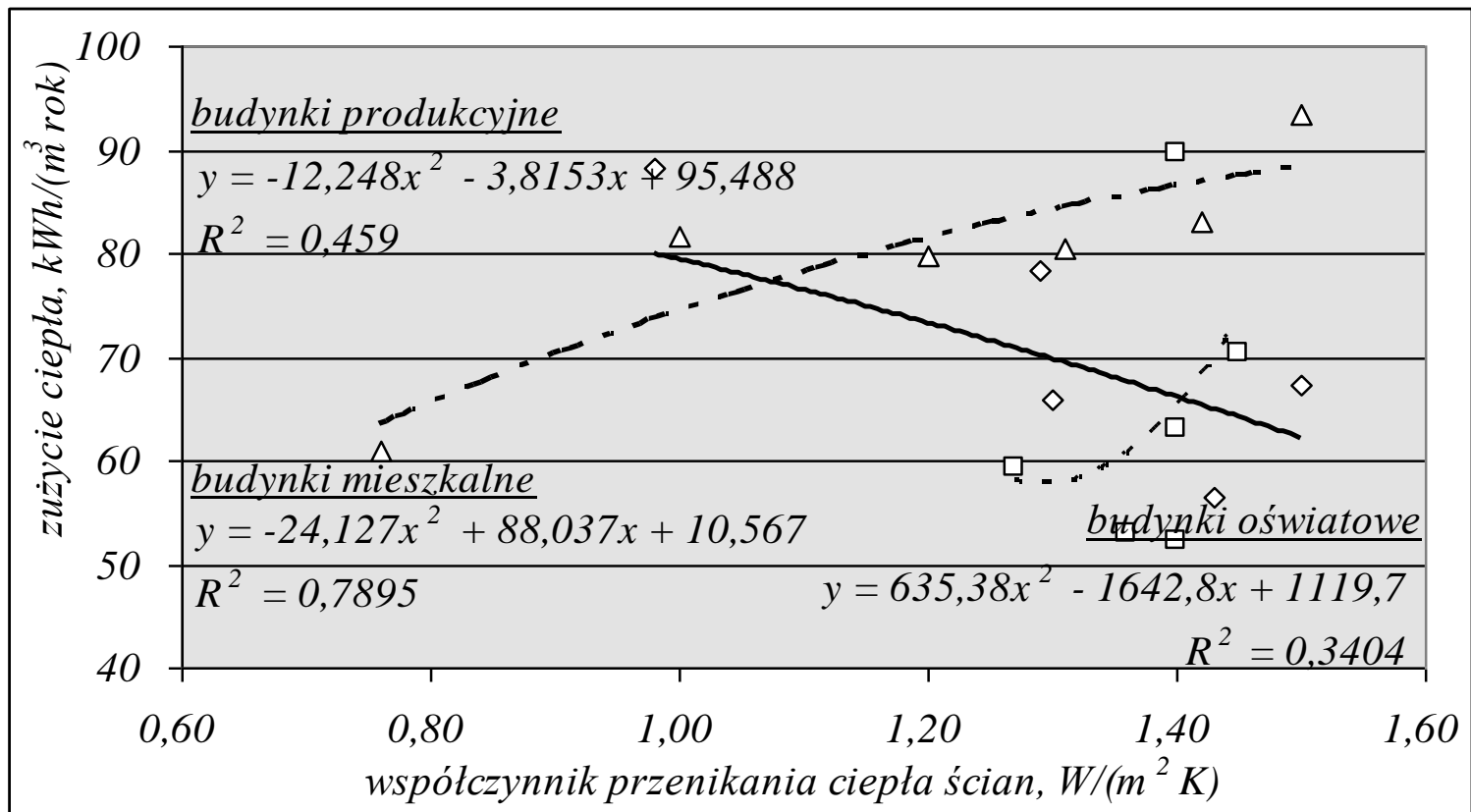
Źródło: badania własne

WPŁYW GRUBOŚCI WARSTWY TERMOIZOLACJI NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA ŚCIANY



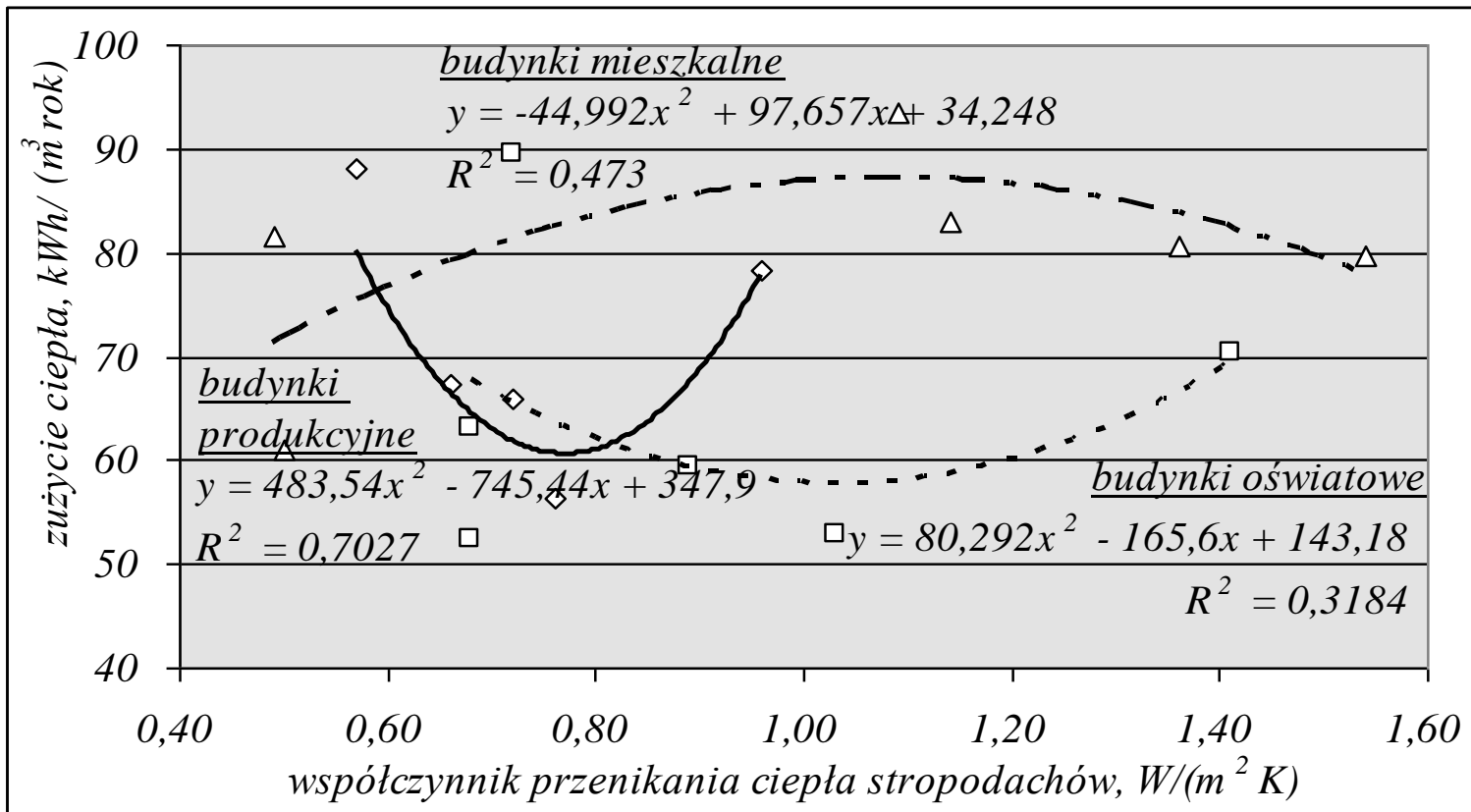
Źródło: badania własne

WPLYW WSPÓLCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA ŚCIANY NA ZUŻYCIE CIEPŁA DO OGRZEWANIA W RÓŻNYCH GRUPACH BUDYNKÓW



Źródło: badania własne

WPLYW WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA STROPODACHU NA ZUŻYCIE CIEPŁA DO OGRZEWANIA W RÓŻNYCH GRUPACH BUDYNKÓW



Źródło: badania własne

ZASADY KONSTRUOWANIA PRZEGRÓD W BUDYNKACH ENERGOOSZCZĘDNYCH POWINNY OBEJMOWAĆ:

- 1.** ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH.
- 2.** ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH O NISKICH WSPÓŁCZYNNIKACH PRZENIKANIA CIEPŁA.
- 3.** ELIMINACJĘ MOSTKÓW CIEPLNYCH.

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

Przykładowe wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ stosowanych obecnie materiałów termoizolacyjnych:

- Wełna mineralna: 0,034-0,042 W/(mK)
- Wełna szklana: 0,030-0,039 W/(mK)
- Styropian EPS: 0,031-0,042 W/(mK)
- Styropian XPS: 0,027-0,036 W/(mK)
- Ekofiber: 0,038-0,043 W/(mK)
- Pianka poliuretanowa: 0,025-0,030 W/(mK)
- Szkło piankowe: 0,07-0,12 W/(mK)
- Konopie: 0,04 W/(mK)



Im niższa wartość współczynnika przewodzenia ciepła, tym mniejsza jest potrzebna grubość materiału termoizolacyjnego do uzyskania wymaganej izolacyjności cieplnej przegrody.

PORÓWNANIE ZWIĘKSZENIA GRUBOŚCI TERMOIZOLACJI W PRZY DANYM POZIOMIE IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZEGRODY WG WYMAGAŃ WT 2008 DLA MATERIAŁU TERMOIZOLACYJNEGO O $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$ I $\lambda = 0,03 \text{ W/(mK)}$

Rodzaj przegrody	$U_{C(\max)} 2014$		$U_{C(\max)} 2017$		$U_{C(\max)} 2021$	
	$d_{\min}, \text{ m}$					
	przy $\lambda = 0,04$ W/(m K)	przy $\lambda = 0,03$ W/(m K)	przy $\lambda = 0,04$ W/(m K)	przy $\lambda = 0,03$ W/(m K)	przy $\lambda = 0,04$ W/(m K)	przy $\lambda = 0,03$ W/(m K)
Ściana zewnętrzna	0,027	0,020	0,041	0,031	0,067	0,050
Dach/Stropodach	0,040	0,030	0,062	0,047	0,107	0,080
Strop pod poddaszem	0,040	0,030	0,062	0,047	0,107	0,080
Strop nad piwnicą	0,071	0,053	0,071	0,053	0,071	0,053
Podłoga na gruncie	0,040	0,033	0,040	0,033	0,040	0,033

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

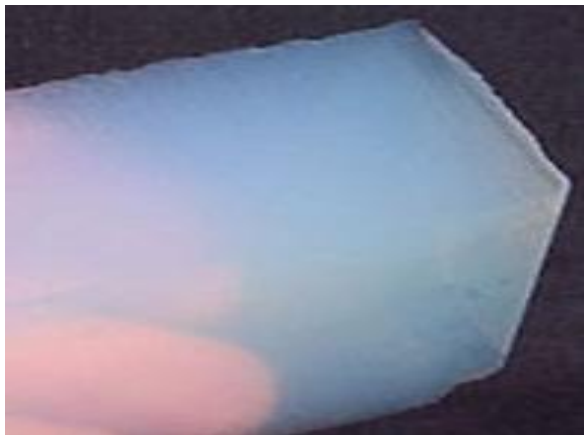
Aerożel

Rodzaj sztywnej piany o niskiej gęstości. Na masę składa się w 90-99,8% powietrze, resztę stanowi porowaty materiał tworzący jego strukturę.

Obecnie materiały o najmniejszym dla ciał stałych współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,014 \text{ W/(mK)}$.

Dobre własności mechaniczne - odporne na ściskanie i rozciąganie, kruche i nieodporne na uderzenia, skręcanie i ścinanie.

W postaci mat o grubości 2-10 mm mogą być stosowane jako izolacje budowlane.



ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

Próżniowe panele izolacyjne VIP

Izolacja w postaci panelu z rdzeniem z materiału termoizolacyjnego zamkniętego próżniowo w szczelną membranę. Współczynnik przewodzenia ciepła zależy od rodzaju rdzenia.

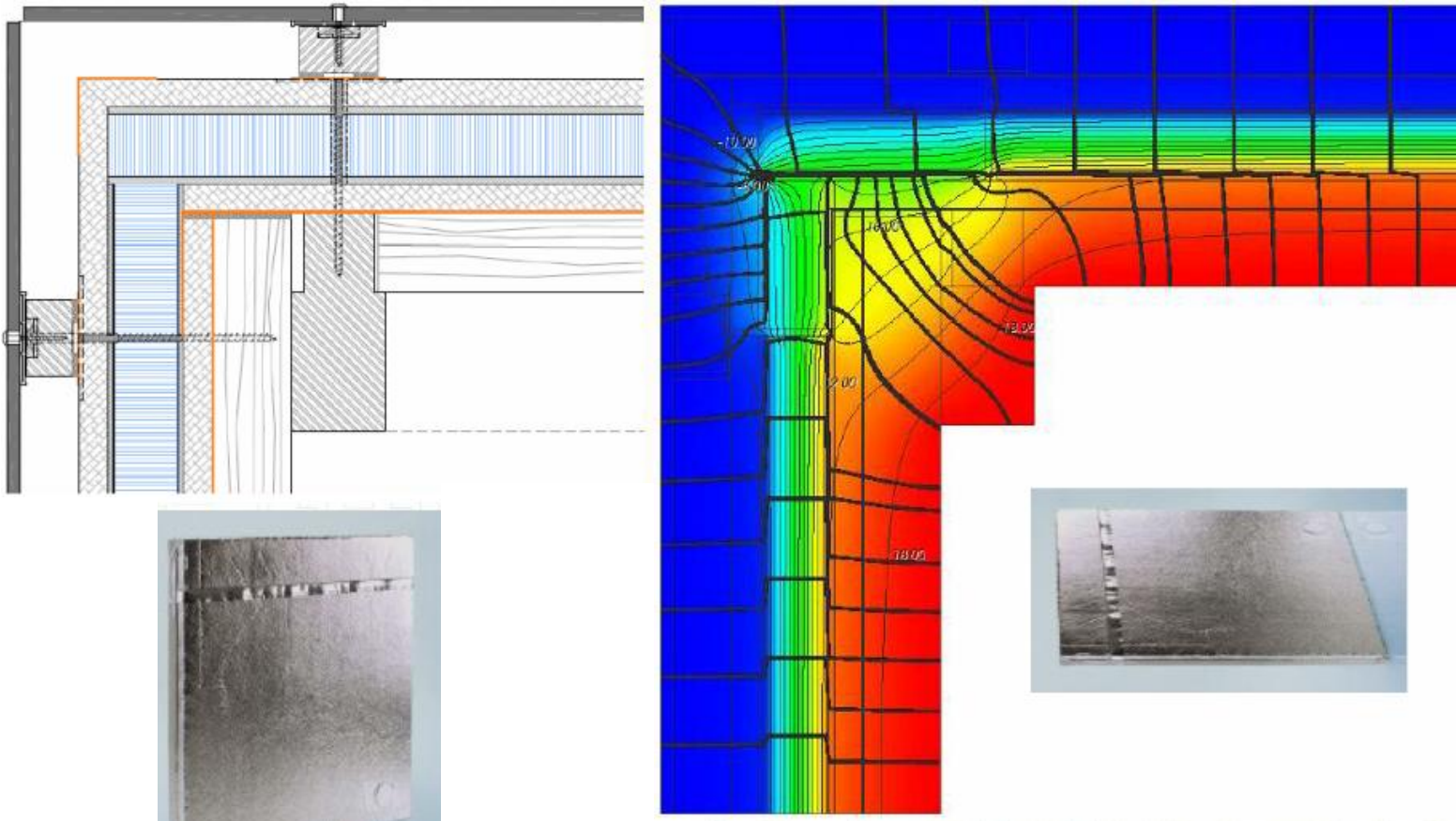
Rdzeń panelu wykonuje się z:

- włókna szklanego,
- otwartokomórkowej pianki poliuretanowej,
- otwartokomórkowej pianki polistyrenowej,
- krzemionki pirogeniczej
- nanożeli



ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

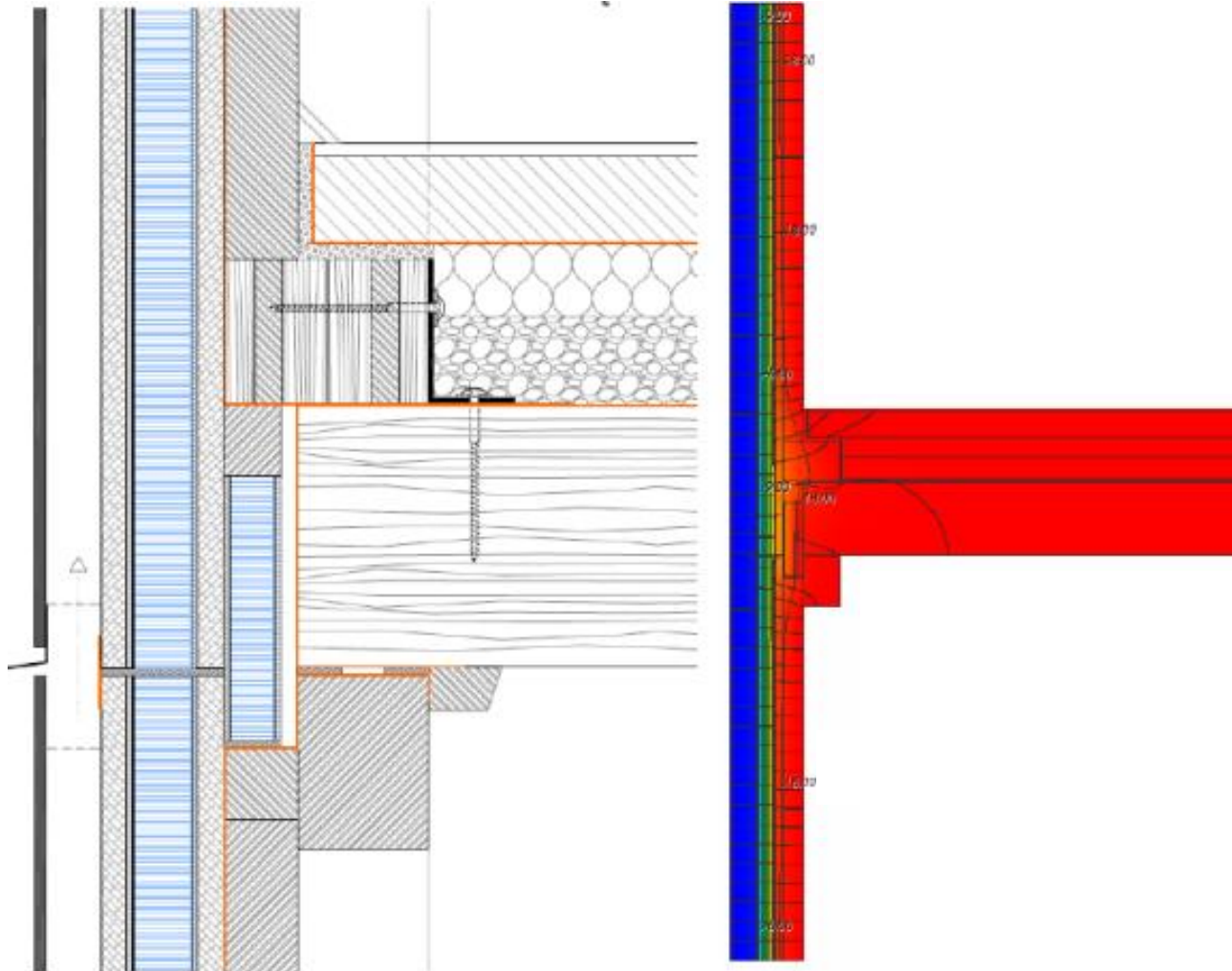
Naroże zewnętrzne



Źródło: www.citt.polsl.pl - Termoizolacje nowych generacji w budynkach zeroenergetycznych

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

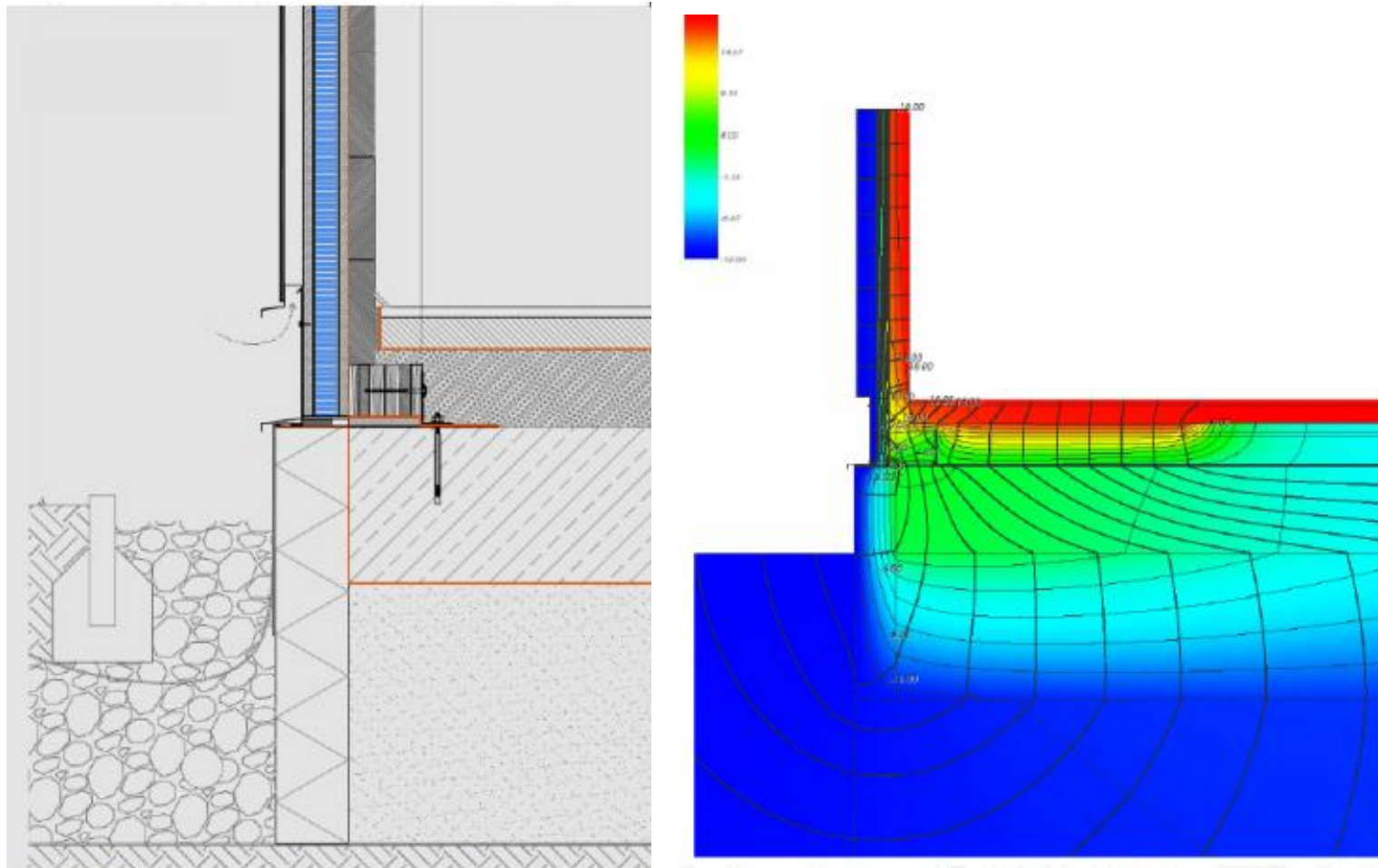
Ściana-strop



Źródło: www.citt.polsl.pl - Termoizolacje nowych generacji w budynkach zeroenergetycznych

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

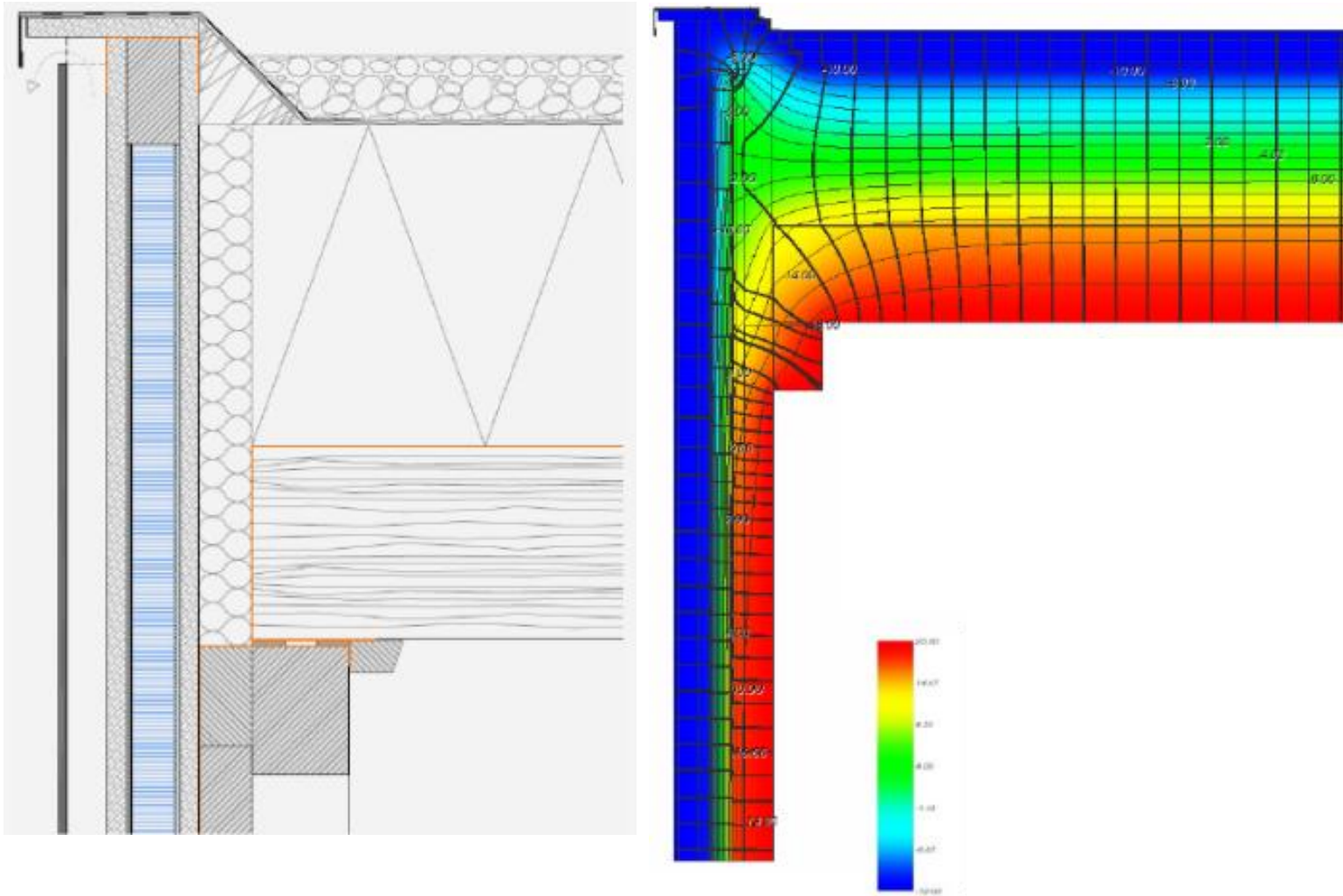
Ściana-podłoga na gruncie



Źródło: www.citt.polsl.pl - Termoizolacje nowych generacji w budynkach zeroenergetycznych

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

Ściana-dach



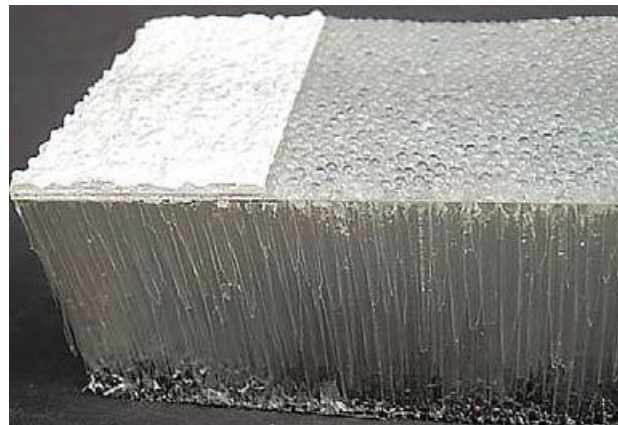
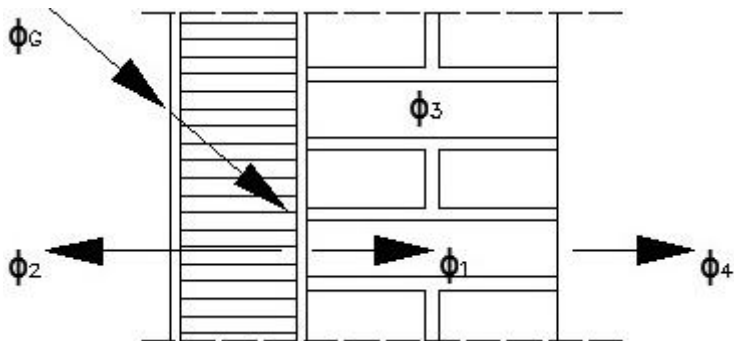
Źródło: www.citt.polsl.pl - Termoizolacje nowych generacji w budynkach zeroenergetycznych

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH O POLEPSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH IZOLACYJNYCH

Izolacja transparentna

Składają się z przepuszczającej światło płyty kapilarnej poliwęglanowej oraz tynku szklanego połączonych z sobą klejem poliuretanowym. Mocowane są do ściany za pomocą masy klejącej zabarwionej na czarno, będącej równocześnie absorberem, pozwalającym na akumulowanie energii z promieniowania słonecznego.

Promieniowanie słoneczne przenikające przez izolację przezroczystą jest pochłaniane na powierzchni absorbera, co powoduje wzrost temperatury. Ciepło dostarczone do wnętrza przegrody zostaje zmagazynowane w jej objętości. Część tej energii jest przekazywana do wnętrza.



ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH O NISKIM WSPÓŁCZYNNIKU PRZEWODZENIA CIEPŁA

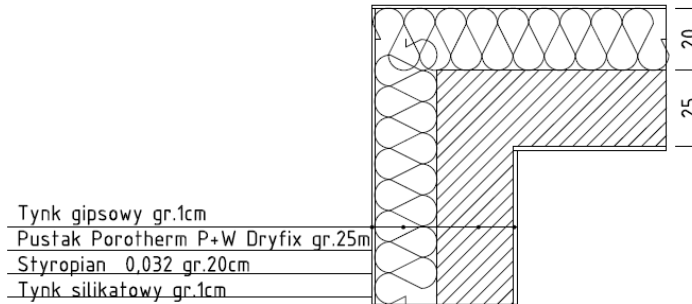
Rodzaj przegrody/materiału	Dla wymagań od			
	1.01.2009	1.01.2014	1.01.2017	1.01.2021
	d_{\min} [m]			
Ściana zewnętrzna: - żelbet ($\lambda = 2,3 \text{ W/(m K)}$) - 0,20 m - cegła pełna ($\lambda = 0,77 \text{ W/(m K)}$) - 0,25 m - blok silikatowy ($\lambda = 0,65 \text{ W/(m K)}$) - 0,24 m - cegła kratówka ($\lambda = 0,56 \text{ W/(m K)}$) - 0,25 m - beton komórkowy ($\lambda = 0,25 \text{ W/(m K)}$) - 0,24 m - porotherm ($\lambda = 0,20 \text{ W/(m K)}$) - 0,38 m	0,13	0,16	0,17	0,20
	0,12	0,15	0,16	0,19
	0,12	0,15	0,16	0,19
	0,12	0,15	0,16	0,19
	0,10	0,13	0,14	0,17
	0,06	0,09	0,10	0,13
Dach/Stropodach/Strop pod poddaszem - żelbet ($\lambda = 2,3 \text{ W/(m K)}$) - 0,12 m - strop gęstożebrowy ($\lambda = 0,9 \text{ W/(m K)}$) - 0,24 m	0,16	0,20	0,23	0,27
	0,15	0,19	0,22	0,26
Strop nad piwnicą - żelbet ($\lambda = 2,3 \text{ W/(m K)}$) - 0,12 m - strop gęstożebrowy ($\lambda = 0,9 \text{ W/(m K)}$) - 0,24 m	0,09		0,16	
	0,08		0,15	
Podłoga na gruncie - płyta betonowa ($\lambda = 1,3 \text{ W/(m K)}$) - 0,10 m	0,09		0,14	

ELIMINACJA MOSTKÓW CIEPLNYCH

- ◉ Zapewnienie ciągłości izolacji.
- ◉ Unikanie elementów mogących prowadzić do przerw w izolacji.
- ◉ Stosowanie specjalnych kołków i innych elementów łączeniowych.
- ◉ Wypełnienie spoin w warstwie izolacyjnej pianką poliuretanową (metodą wtryskową).
- ◉ Stosowanie specjalnych systemów i rozwiązań firmowych do eliminacji mostków.
- ◉ Przedłużanie warstwy izolacyjnej, np. na ściany fundamentowe, attyki, na ramy okienne, itd.
- ◉ Montaż stolarki w warstwie izolacji termicznej.

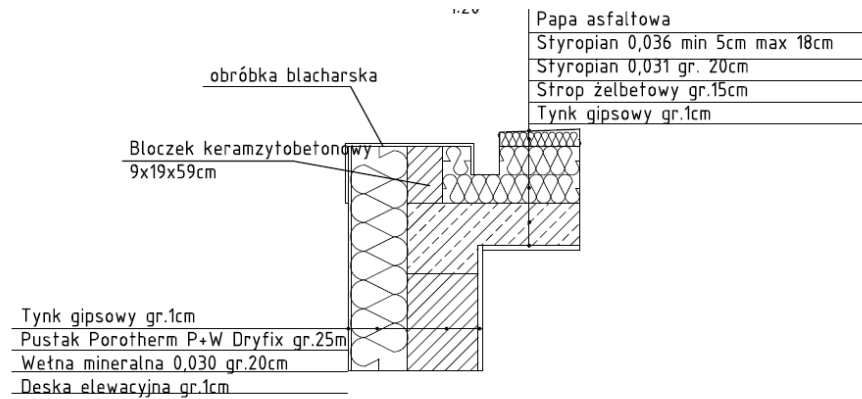
PRZYKŁADY MOSTKÓW CIEPLNYCH

Naroże zewnętrzne



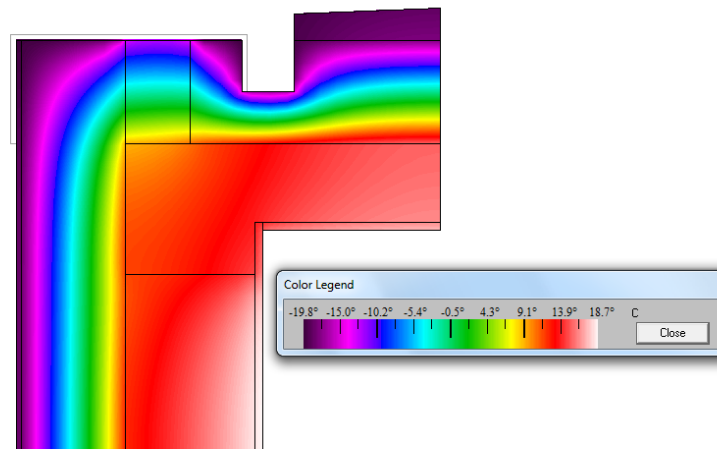
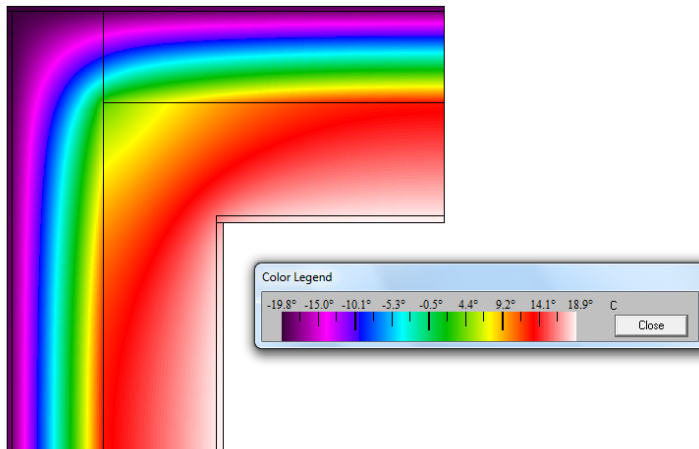
Tynk gipsowy gr.1cm
 Pustak Porotherm P+W Dryfix gr.25m
 Styropian 0,032 gr.20cm
 Tynk silikatowy gr.1cm

Ściana-dach



Tynk gipsowy gr.1cm
 Pustak Porotherm P+W Dryfix gr.25m
 Wełna mineralna 0,030 gr.20cm
 Deska elewacyjna gr.1cm

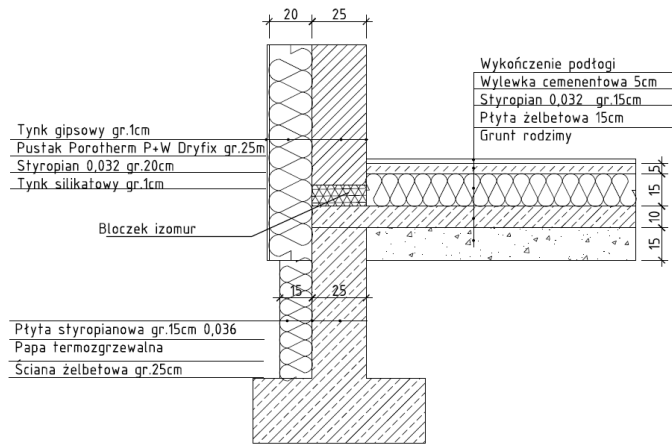
Papa asfaltowa
 Styropian 0,036 min 5cm max 18cm
 Styropian 0,031 gr. 20cm
 Strop żelbetowy gr.15cm
 Tynk gipsowy gr.1cm



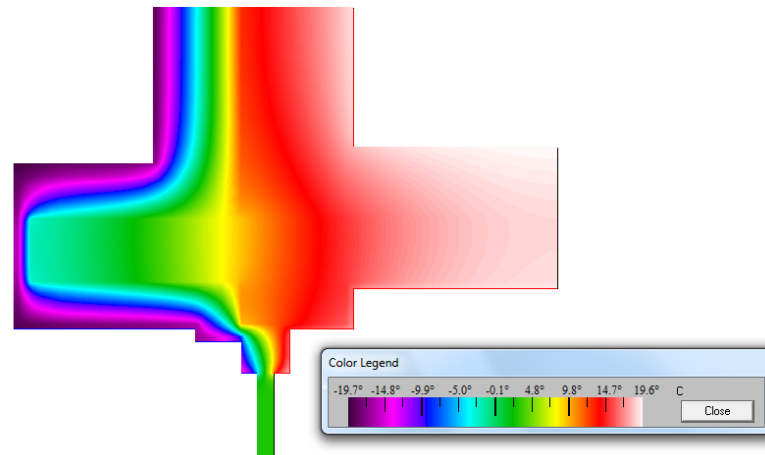
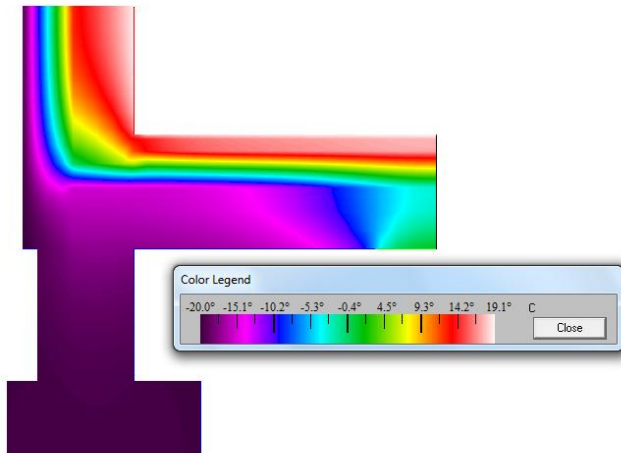
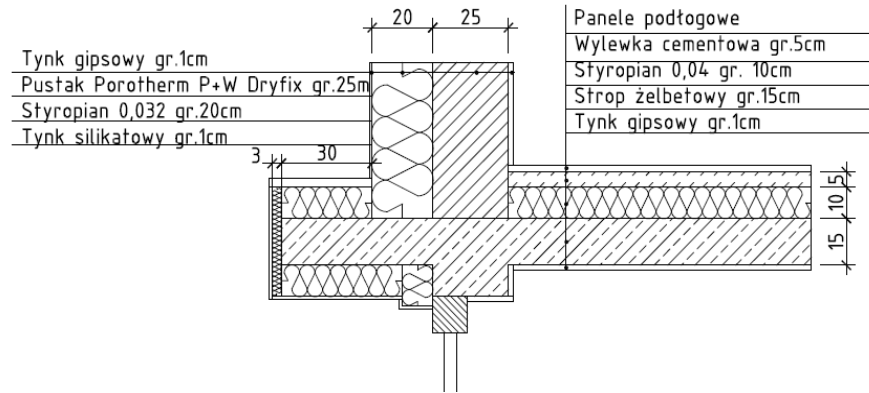
Źródło: prezentacja Maciej Muzyczuk - Budownictwo energooszczędne. Lubię to. Altima

PRZYKŁADY MOSTKÓW CIEPLNYCH

Ściana-podłoga

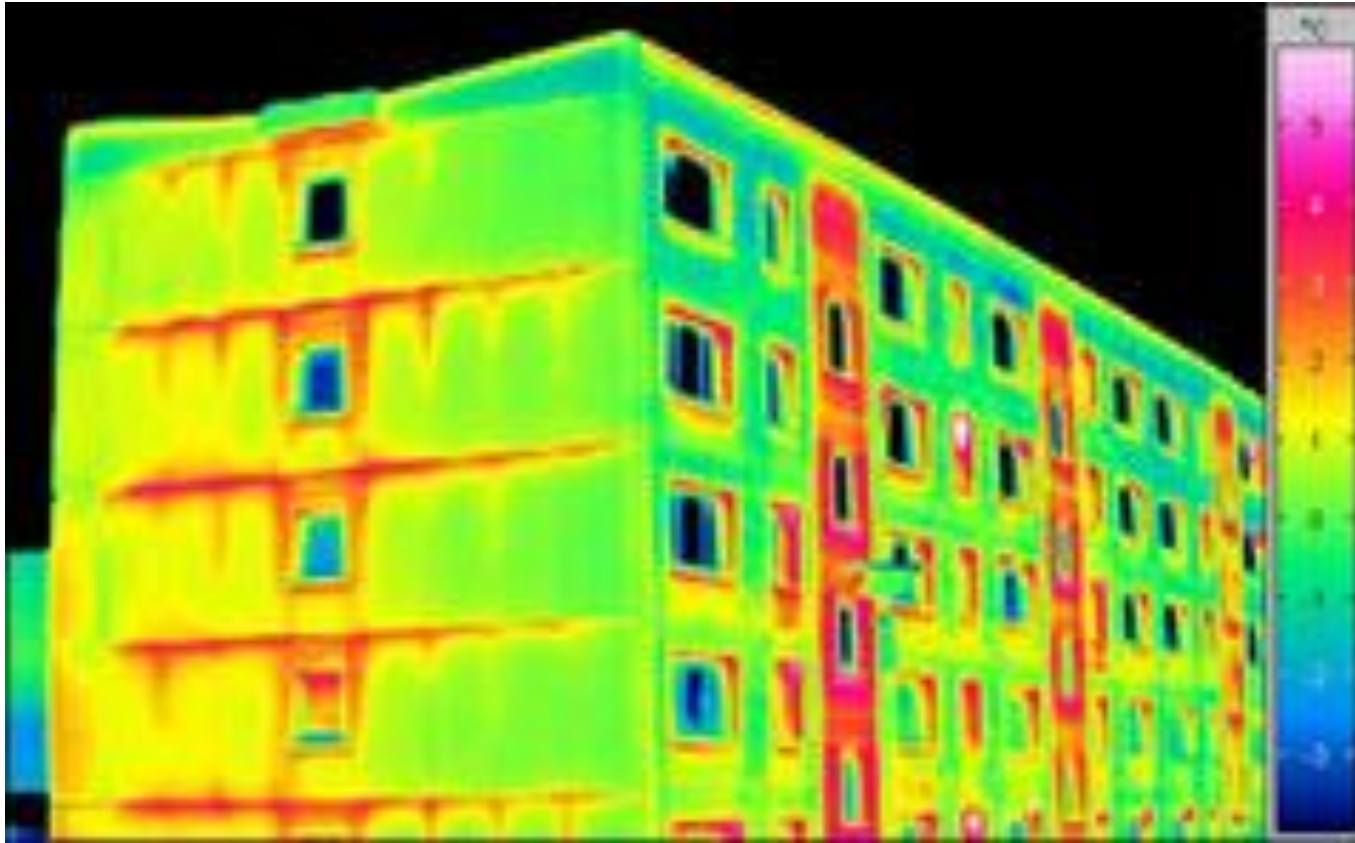


Wieniec-nadproże



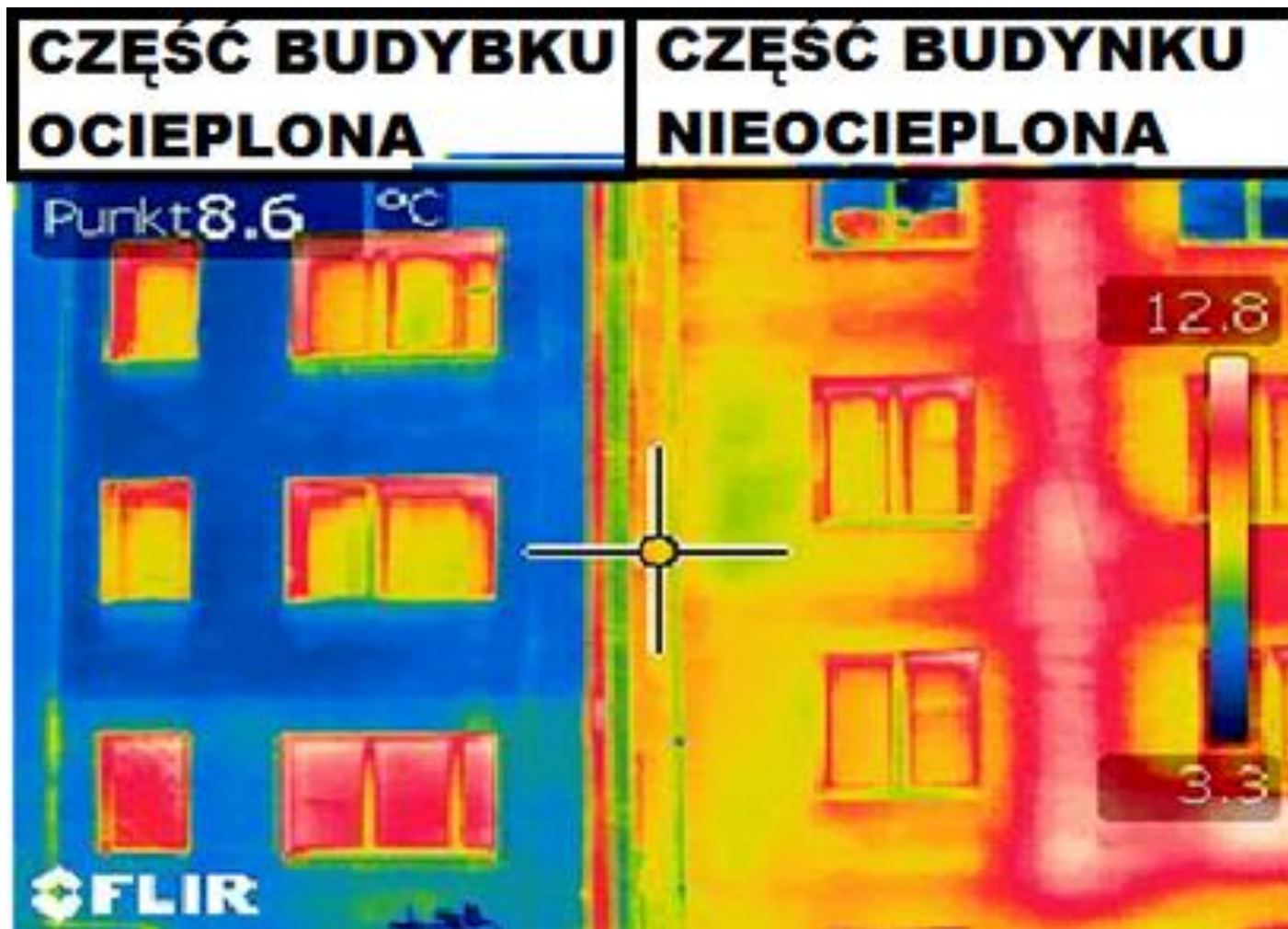
Źródło: prezentacja Maciej Muzyczuk - Budownictwo energooszczędne. Lubię to. Altima

PRZYKŁADY MOSTKÓW CIEPLNYCH BLOK MIESZKALNY NIEOCIEPLONY



Źródło: www.kamery-termowizyjne.pl

BLOK MIESZKALNY W TRAKCIE WYKONYWANIA DOCIEPLENIA



Źródło: www.kamery-termowizyjne.pl

10 DNI OSZCZĘDZANIA ENERGII, 21-22 PAŹDZIERNIKA 2014 R.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

