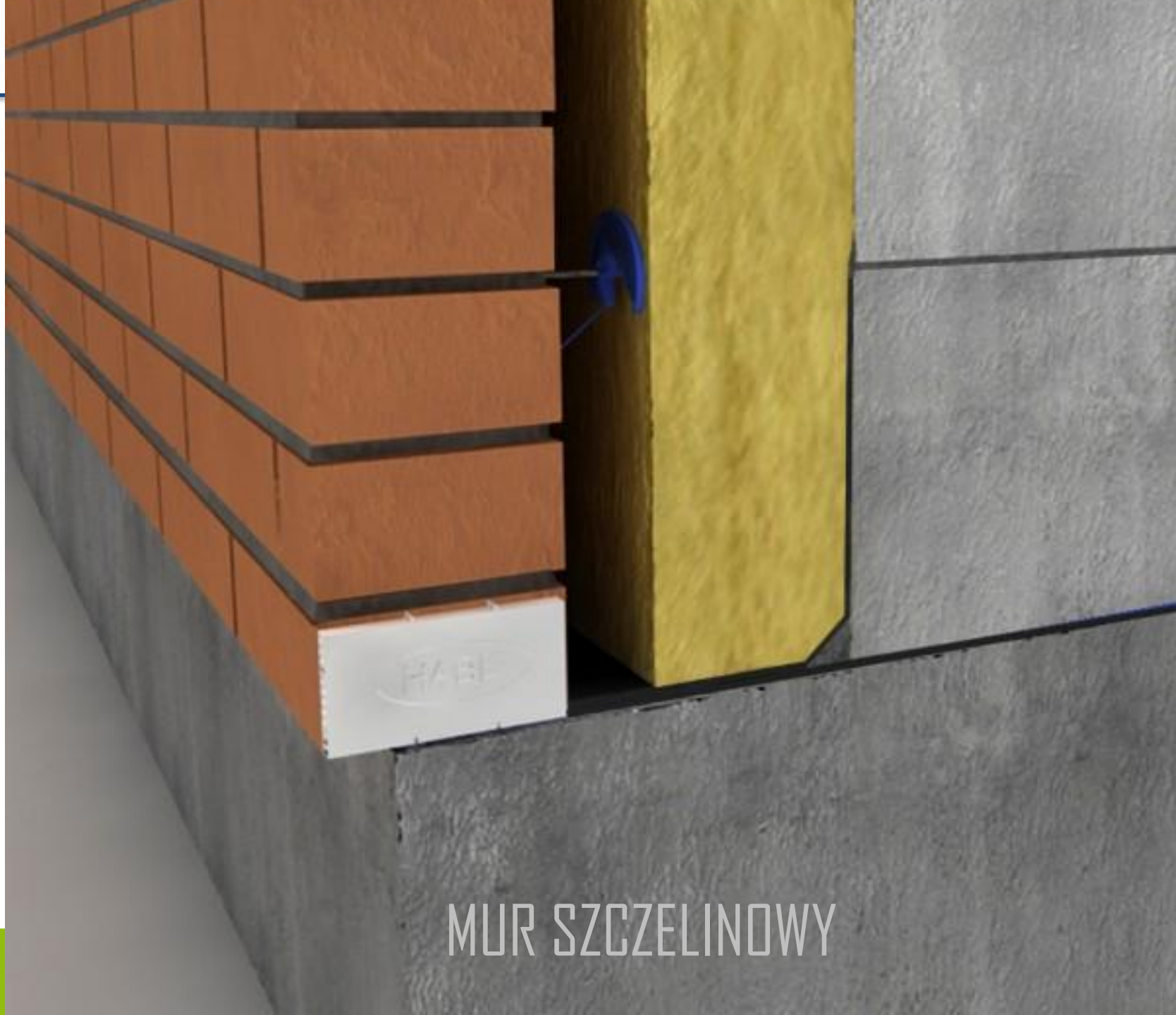


Obliczanie przegród z warstwami powietrznymi

Wykonał: Rafał Kamiński
Prowadząca: dr inż. Barbara Ksit

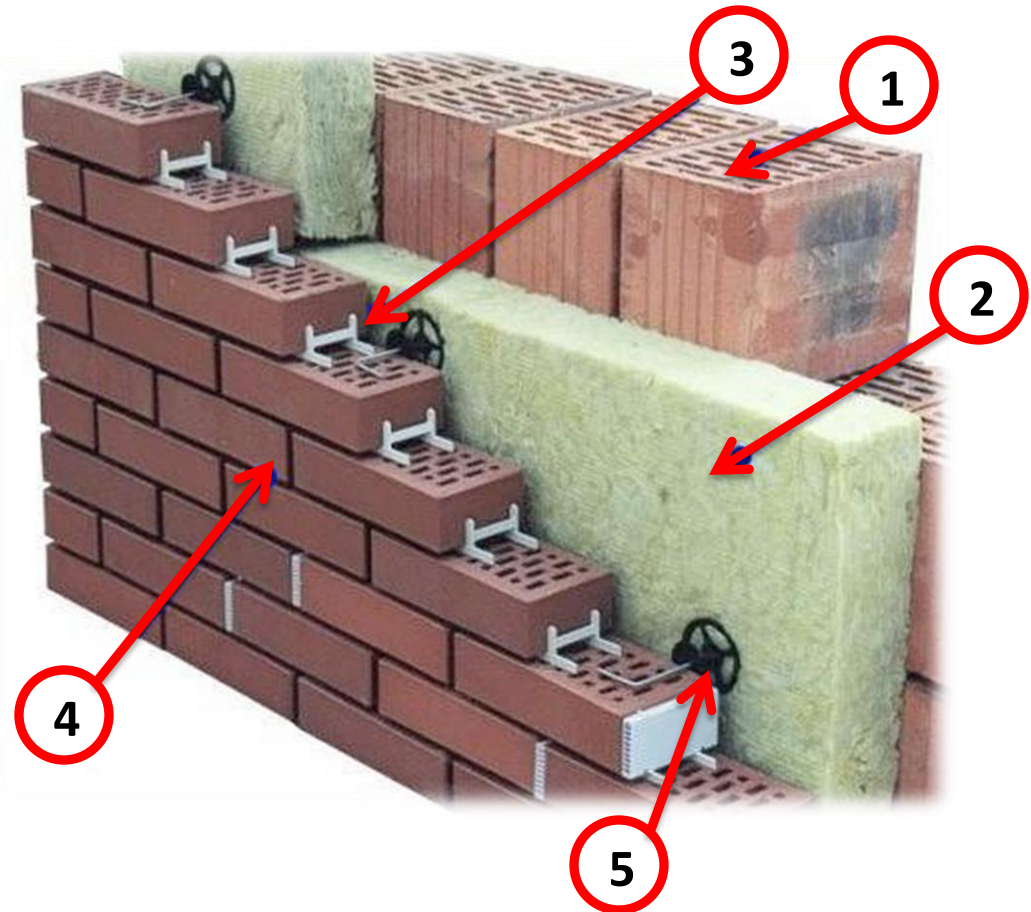


MUR SZCZELINOWY

Mur szczelinowy składa się z dwóch warstw wymurowanych w odległości 5-15 cm od siebie i połączonych ze sobą kotwami. Powstałą między murami szczelinę wypełnia się częściowo materiałem termoizolacyjnym. W tego typu ścianie występuje wyraźny rozdział funkcji poszczególnych jej warstw.

Konstrukcja przegrody z warstwą powietrzną

1. Wewnętrzna warstwa konstrukcyjna
2. Izolacja termiczna
3. Pustka powietrzna
4. Warstwa elewacyjna
5. Kotew mocująca

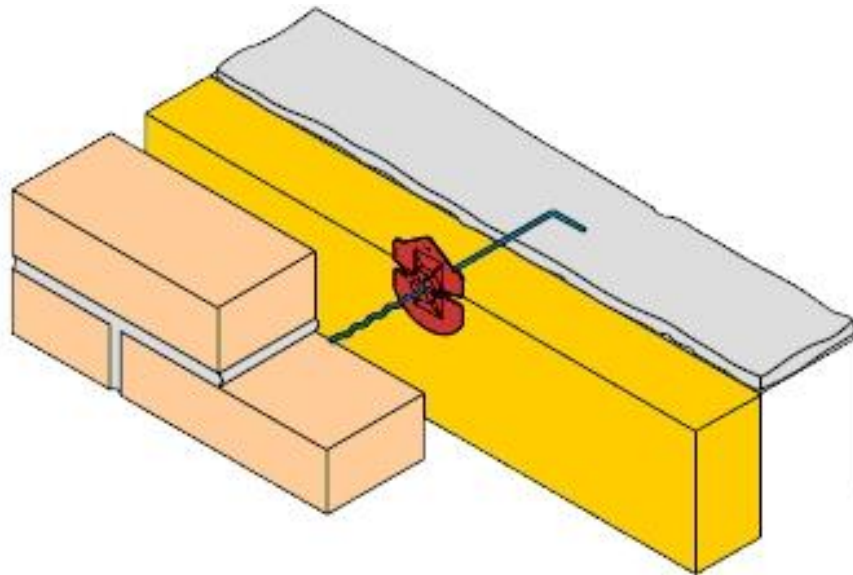


WYKONANIE

Mur trójwarstwowy z warstwą termoizolacji i szczeliną powietrzną można wykonać zasadniczo na dwa sposoby:

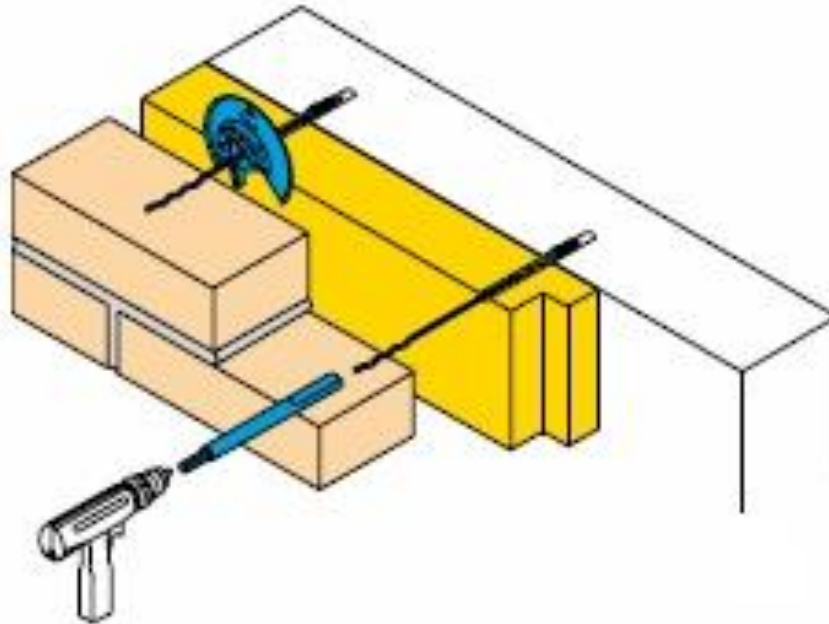
I SPOSÓB

Wznoszenie ściany konstrukcyjnej z równoczesnym wmurowaniem w nią kotew (kotwę umieszcza się w spoinie poziomej tej ściany). Dopiero w drugiej fazie budowy mocowana jest termoizolacja i wznoszona ściana elewacyjna.

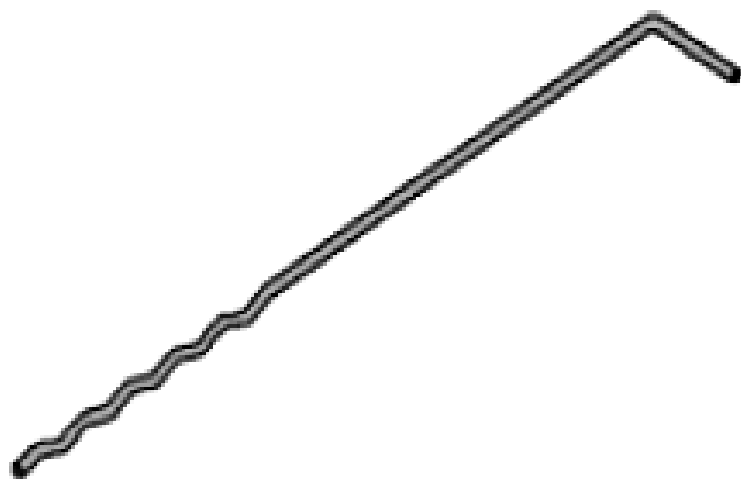


II SPOSÓB

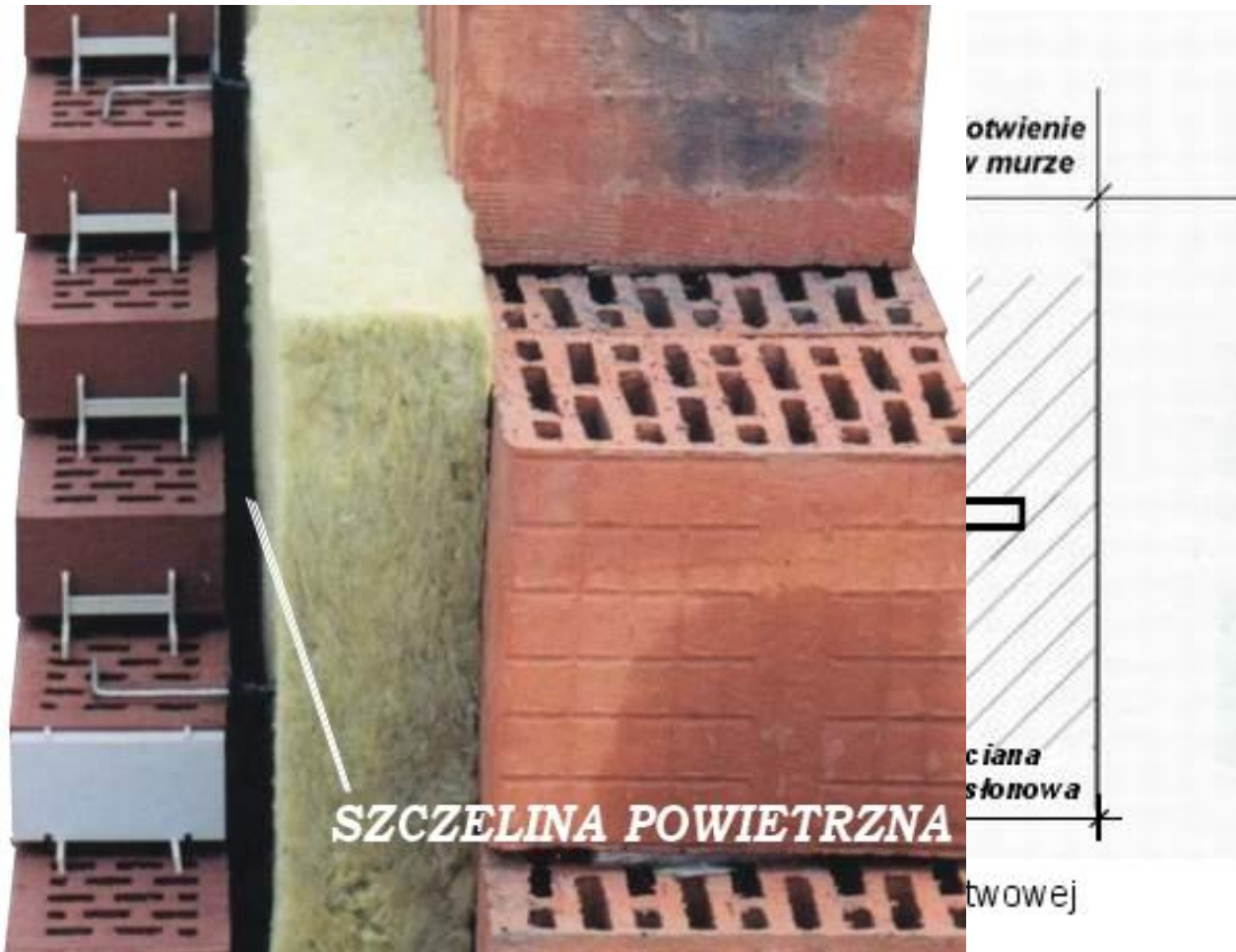
Budowa najpierw ściany konstrukcyjnej, do której po wymurowaniu, w drugiej fazie, mocowane są kotwy wbijane (typ „WB”) lub wkręcane (typ „WK”) w kołek rozporowy, i dopiero wtedy układane jest ocieplenie i wznoszona elewacja.



Grubość ścianki zewnętrznej	Szerokość szczeliny (mm)	Rozstaw (mm)		Liczba łączników na 1 m ² ściany
		poziomo	pionowo	
mniej niż 90 mm (nie mniej niż 75 mm)	50-75	450	450	4,9
90 mm lub więcej	50-75	900	450	2,5
jw.	75-100	750	450	3,0
jw.	100-150	450	450	4,9

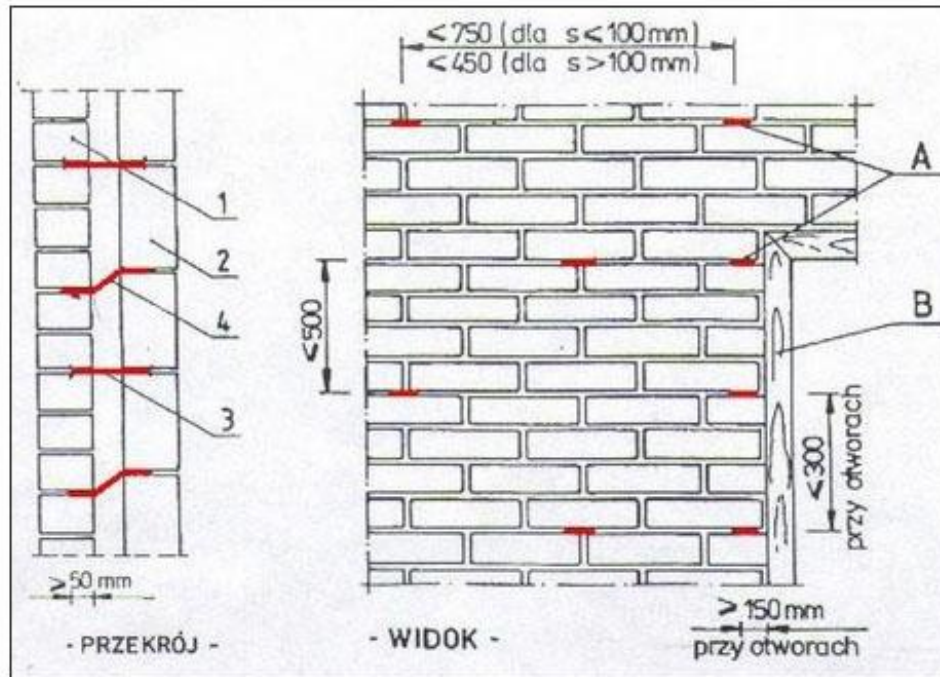


Materiał termoizolacyjny w postaci płyt lub mat mocuje się do wewnętrznej ściany konstrukcyjnej za pomocą kotew

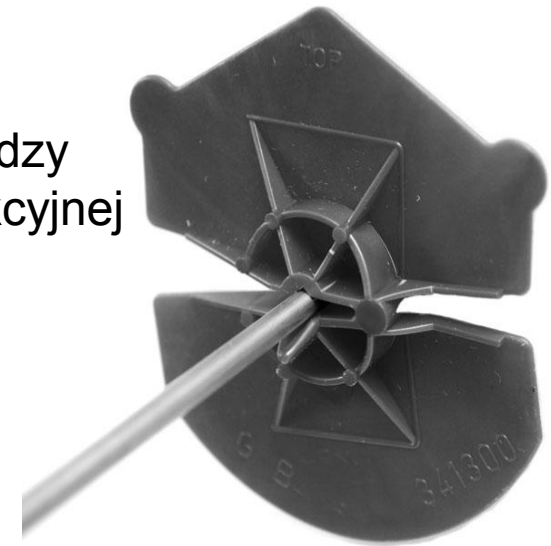


KRAŻKI DOCISKKOWE

Umieszcza się je na kotwach we wnętrzu szczeliny pomiędzy murami, tak by dociskały termoizolację do ściany konstrukcyjnej



- A- Kotwa typu "TROY"
- B- Otwór okienny
- s- szerokość szczeliny powietrznej
- 1- Mur zewnętrzny
- 2- Mur wewnętrzny
- 3- prawidłowe położenie kotwy
- 4- dopuszczalne wygięcie kotwy



rys. ILIFO



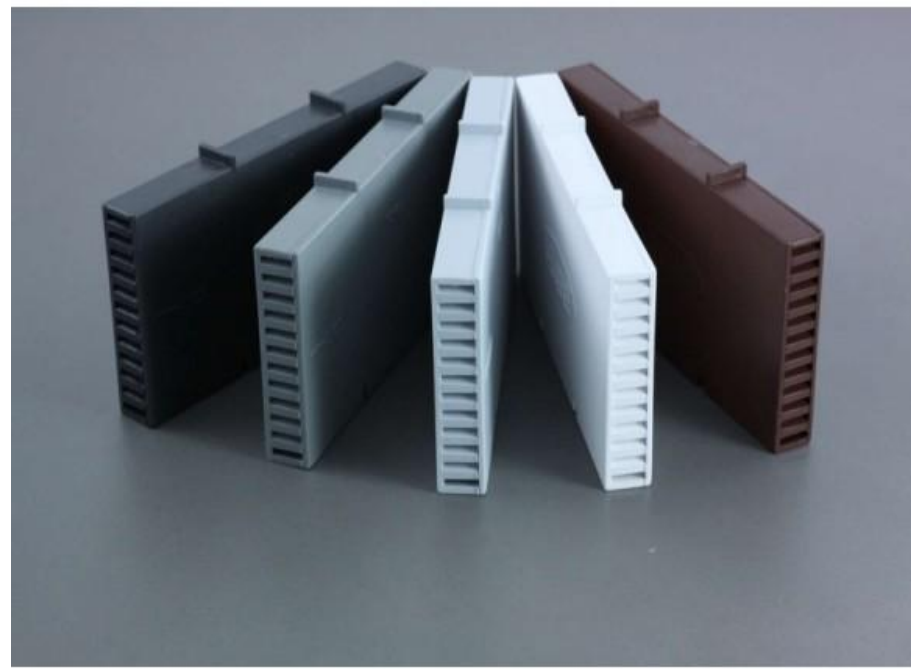
rys. ILIFO

PUSZKI WENTYLACYJNE

Zapewniają utrzymanie optymalnej wilgotności warstwy termoizolacyjnej, odprowadzają skropliny na zewnątrz muru.

ROZMIESZCZENIE

- min. 30 cm powyżej poziomu gruntu
- co 1 m, na wysokości cokołu
- co 1 m pod okapem

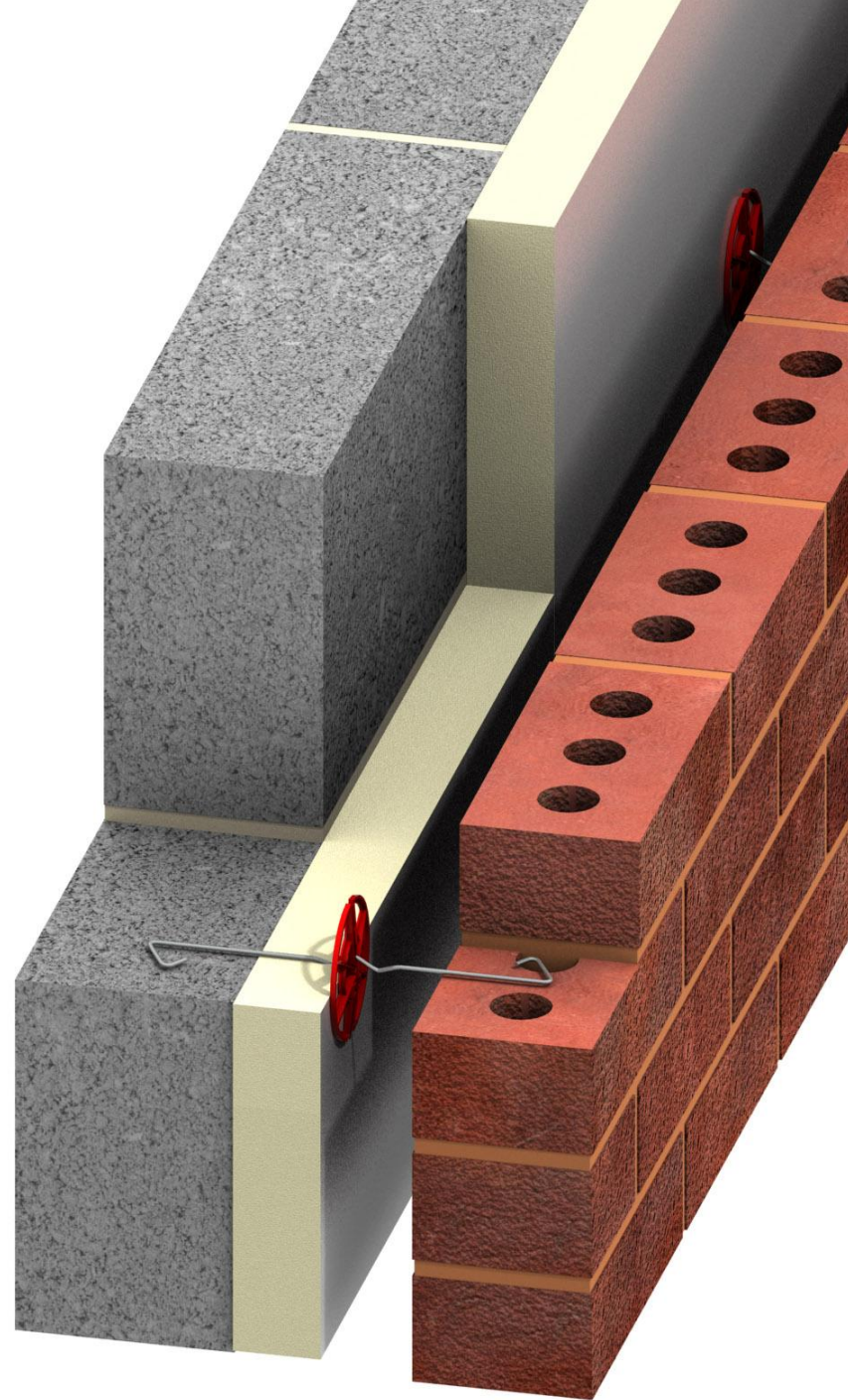


DYLATACJE

Szczelina wentylowana
powietrzem napływającym z zewnątrz
przez puste, niewypełnione zaprawą
„spoiny”

ROZMIESZCZENIE

- co 12 metrów, gdy elewacja jest wykonana z cegły ceramicznej
- co 8 metrów, gdy warstwa elewacji jest wykonana z innych elementów murowych np. cegły silikatowej



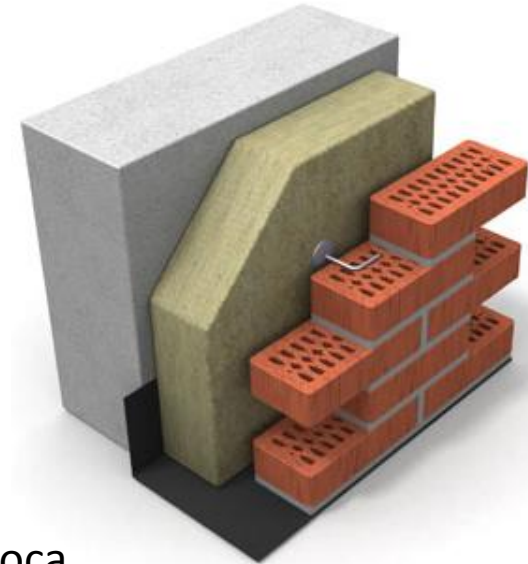
Rodzaje pustek powietrznych i ich rola

Pustki powietrzne w przegrodach budowlanych dzieli się w zależności od pola powierzchni otworów łączących szczelinę powietrzną ze środowiskiem zewnętrznym na:

Lp	Rodzaj pustki powietrznej	Powierzchnia otworów (na jeden metr długości)	Rola pustki powietrznej
1	Niewentylowana	$P_{otw} < 500 \text{ mm}^2$	Zwiększenie oporu cieplnego przegrody
2	Słabo wentylowana	$500 \text{ mm}^2 < P_{otw} < 1500 \text{ mm}^2$	funkcja wentylacyjna i izolacyjna
3	Dobrze wentylowana	$1500 \text{ mm}^2 < P_{otw}$	Wentylacyjna (odprowadzenie nadmiaru pary wodnej z przegrody)

Definicja pustki powietrznej w zależności od jej rodzaju (zgodnie z PN-EN 6946:2008)

- pustka niewentylowana- warstwa, w której nie ma wyraźnego zapewnienia przepływu powietrza;
- pustka słabo wentylowana- warstwa, w której możliwy jest ograniczony przepływ powietrza ze środowiska zewnętrznego;
- pustka dobrze wentylowana- warstwa, w której zapewniony jest przepływ powietrza ze środowiska zewnętrznego za pomocą otworów o określonej minimalnej powierzchni

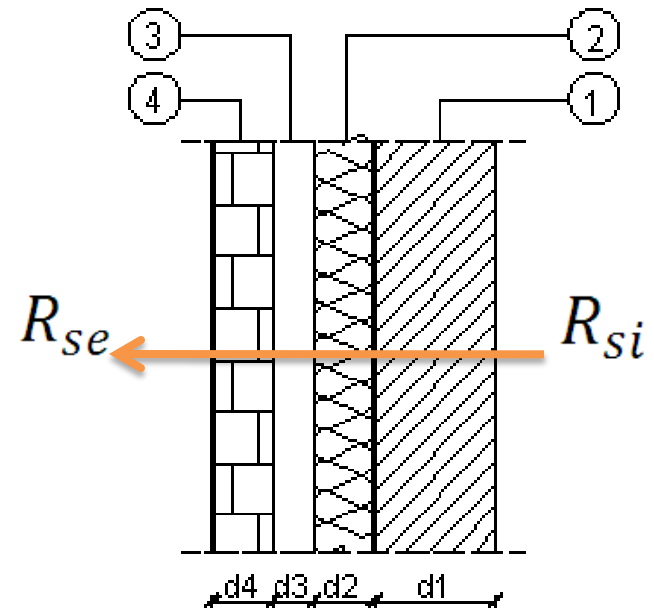


Sposób uwzględniania szczelin powietrznych w obliczeniach cieplnych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

Pustka niewentylowana

- w przypadku występowania w przegrodzie budowlanej zamkniętej warstwy powietrza, do sumy oporów cieplnych poszczególnych warstw materiałowych dodaje się opór cieplny niewentylowanej warstwy powietrza

$$R_T = R_{si} + R_{se} + \sum R_i$$
$$\sum R_i = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$



Sposób uwzględniania szczelin powietrznych w obliczeniach cieplnych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

Pustka niewentylowana

- wartość oporu niewentylowanej warstwy powietrza zależna jest od grubości tej warstwy i określana na podstawie wartości tabelarycznych:

Grubość warstwy powietrza mm	Opór cieplny $m^2 \cdot K/W$ Kierunek strumienia ciepła		
	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

Ł WAG 4. Wartości pośrednie można otrzymać przez interpolację liniową.

Sposób uwzględniania szczelin powietrznych w obliczeniach cieplnych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

Pustka słabo wentylowana

- Całkowity opór cieplny komponentu o słabo wentylowanej warstwie powietrza wyznacza się z interpolacji liniowej między wartościami dla szczeliny słabo i dobrze wentylowanej stosując zależność:

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

A_v	Pole powierzchni łączących szczelinę powietrzną ze środowiskiem zewnętrznym	[mm ²]
$R_{T,u}$	Całkowity opór cieplny komponentu, przyjmując warstwę powietrzną jako niewentylowaną	[m ² K/W]
$R_{T,v}$	Całkowity opór cieplny komponentu, przyjmując warstwę powietrzną jako dobrze wentylowaną	[m ² K/W]

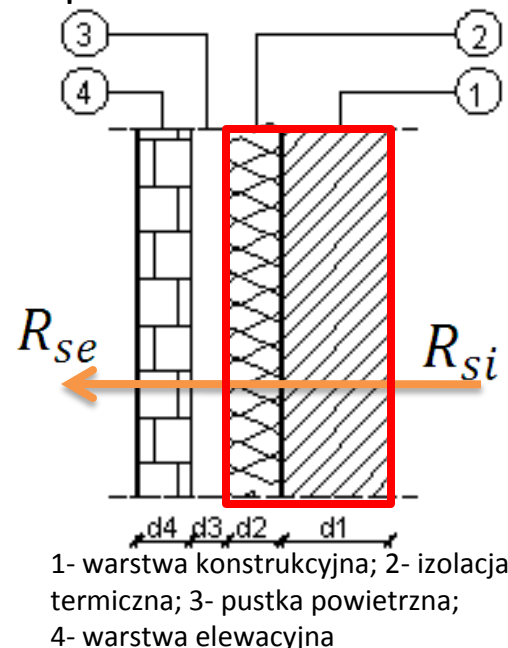
Sposób uwzględniania szczelin powietrznych w obliczeniach cieplnych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

Pustka dobrze wentylowana

- całkowity opór cieplny należy obliczać pomijając opór cieplny warstwy powietrza i wszystkich warstw między warstwą powietrza, a środowiskiem zewnętrznym oraz dodając zewnętrzny opór ciepła odpowiadający :

- ✓ powietrzu nieruchomemu ;
- ✓ lub alternatywnie wartości R_{si} zgodnie z tabelą

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



Sposób uwzględniania szczelin powietrznych w obliczeniach cieplnych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

Niewentylowane przestrzenie powietrzne o długości i szerokości większej niż ich 10-krotna grubość

Opór cieplny przestrzeni powietrznej jest wyrażony równaniem:

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r}$$

h_a	Współczynnik przenoszenia ciepła po powierzchni przez przewodzenie/konwekcję	[m ² K/W]
h_r	Współczynnik przenoszenia ciepła po powierzchni przez promieniowanie	[m ² K/W]

Współczynnik h_a jest określany przez przewodzenie w stojącym powietrzu na wąskich przestrzeniach powietrznych oraz przez konwekcję w szerokich szczelinach, ustalany jest na podstawie wartości tabelarycznych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

Sposób uwzględniania szczelin powietrznych w obliczeniach cieplnych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

Niewentylowane przestrzenie powietrzne o długości i szerokości większej niż ich 10-krotna grubość

Współczynnik h_r określamy zgodnie z zależnością:

$$h_r = E \cdot h_{r0}$$

E	Wynikowa emisyjność układu powierzchni	[-]
h_{r0}	Współczynnik przenoszenia ciepła po powierzchni przez promieniowanie na powierzchni ciała czarnego	[m ² K/W]

Wynikowa emisyjność układu określona jest wzorem:

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$	Emisyjność do półprzestrzeni powierzchni ograniczających przestrzeń powietrzną	[-]
--------------------------------	--	-----

Sposób uwzględniania szczelin powietrznych w obliczeniach cieplnych zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008

UWAGA:

Jeżeli przegroda budowlana zawiera warstwę powietrza grubszą niż 0,30m, wówczas zaleca się, aby nie obliczać pojedynczego współczynnika przenikania ciepła, ale strumień ciepła oblicza się z warunków bilansu cieplnego zgodnie z zaleceniami aktualnej normy PN-EN ISO 13789:2008.

Ponadto metody szczegółowe oznaczania współczynnika przenikania ciepła U zostały podane w normach:

- PN-EN ISO 10211:2005 „Obliczanie strumieni cieplnych i temperatury powierzchni. Część 1: Metody ogólne”
- PN-EN ISO 10077-2:2005 „Ciepłne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 2. Metoda dla ram”

Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przegrody

Współczynnik przenikania ciepła wyrażony jest równaniem:

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

Do powyższego współczynnika przenikania ciepła należy stosować, jeśli to konieczne, odpowiednie poprawki z uwagi na:

- Pustki powietrzne w warstwie izolacji;
- łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną;
- Opady na dach o odwróconym układzie warstw;

Poprawiony współczynnik przenikania ciepła U_c uzyskuje się przez dodanie członu korekcyjnego ΔU zgodnie z wzorem :

$$U_c = U + \Delta U$$

Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przegrody Poprawki do współczynnika przenikania ciepła

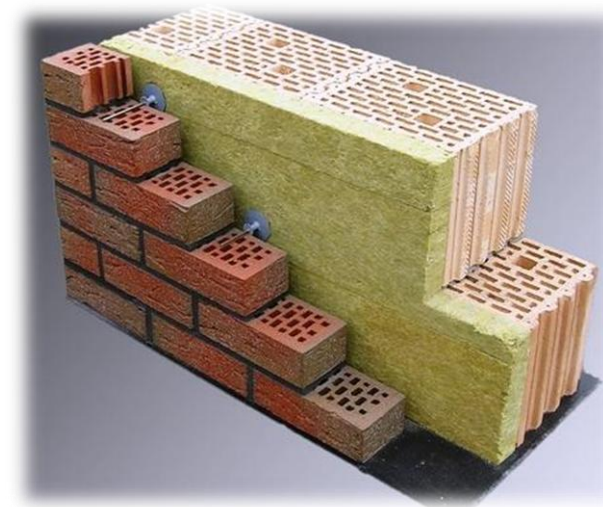
Poprawki do współczynnika przenikania ciepła ΔU obliczanego dla przypadku ogólnego określa równanie:

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

Gdzie:

- ΔU_g - poprawka z uwagi na pustki powietrzne;
- ΔU_f - poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne;
- ΔU_r - poprawka z uwagi na dach o odwróconym układzie warstw

W przypadku ścian z pustką powietrzną uwzględniamy poprawki z uwagi na pustki powietrzne oraz łączniki mechaniczne.



Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przegrody **Poprawka z uwagi na pustki powietrzne**

Pustki powietrzne mogą zwiększać współczynnik przenikania ciepła komponentu przez zwiększenie przenoszenia ciepła przez promieniowanie i konwekcję i są dzielone na dwie główne kategorie:

- Szczeliny między arkuszami izolacyjnymi, płytami lub matami lub między izolacją i elementami konstrukcji w kierunku strumienia ciepłego;
- Wnęki w izolacji lub między izolacją i konstrukcją, prostopadłe do kierunku strumienia ciepła.

Wielkość zwiększenia współczynnika przenikania ciepła komponentu zależy od rodzaju, usytuowania i orientacji pustek powietrznych.

Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przegrody Poprawka z uwagi na pustki powietrzne

Poprawkę tę stosuje się zgodnie z równaniem:

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

Gdzie:

- R_1 - opór cieplny warstwy zawierającej szczeliny;
- $R_{T,h}$ - całkowity opór cieplny komponentu z pominięciem mostków cieplnych;
- $\Delta U''$ - określane w zależności od sposobu instalowania izolacji wg tabeli:

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

Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przegrody Poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne

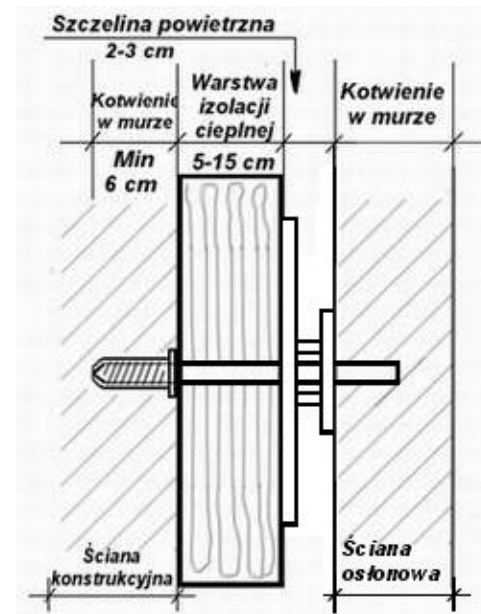
Procedura szczegółowa

Efekt łączników mechanicznych można oceniać za pomocą obliczeń zgodnych z ISO10211 w celu uzyskania punktowego współczynnika przenikania ciepła χ , spowodowanego jednym łącznikiem.

$$\Delta U_r = n_f \chi$$

Gdzie:

- n_f - liczba łączników na metr kwadratowy



Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przegrody Poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne

Procedura przybliżona:

Gdy warstwę izolacyjną przebijają łączniki mechaniczne, takie jak kotwie ścienne między warstwami muru, łączniki dachowe lub łączniki w złożonych systemach paneli poprawkę do współczynnika przenikania ciepła określa się z równania:

Gdzie:

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

• Współczynnik α podany jest następująco:

- $\alpha=0,80$ jeżeli łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji;
- $\alpha=0,80 \times d_1/d_0$ jeżeli łącznik wpuszczony jest w warstwę izolacji

Obliczanie współczynnika przenikania ciepła przegrody Poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne

- λ_f - współczynnik przewodzenia ciepła łącznika w $[W/(mK)]$;
- n_f - liczba łączników na metr kwadratowy;
- A_f - pole przekroju poprzecznego jednego łącznika w m^2 ;
- d_0 - grubość warstwy izolacji zawierającej łączniki w m;
- d_1 - długość łącznika który przebija warstwę izolacyjną w m;
- R_1 - opór cieplny warstwy izolacji przebijanej przez łączniki w m^2K/W ;
- $R_{T,h}$ - całkowity opór cieplny komponentu z pominięciem jakichkolwiek mostków cieplnych w m^2K/W

Poprawki nie należy wprowadzać gdy:

- Kotwie ściennie przechodzą przez pustą wnękę;
- Współczynnik przewodzenia ciepła łącznika jest mniejszy niż $1W/(mK)$

Algorytm obliczania ścian z warstwami powietrznymi

1. Ustalenie konstrukcji rozpatrywanej przegrody
2. Określenie wartości oporów przyjmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej (R_{se}) i wewnętrznej (R_{si})
3. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego przegrody z uwzględnieniem normowych zaleceń dla przegród o różnym stopniu wentylacji

$$R_T = R_{si} + R_{se} + \sum R_i$$

4. Wyznaczenie współczynnika przenikania ciepła z uwzględnieniem poprawek z uwagi na pustki powietrzne i łączniki mechaniczne (jeżeli poprawki takie są wymagane)

$$U_c = U + \Delta U$$

5. Porównanie otrzymanego współczynnika przenikania ciepła z wartością graniczną

$$U_c \leq U_{max}$$



Materiały źródłowe:

1. PN-EN ISO 6946:2008 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
2. PN- EN ISO 13789:2008 „Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację. Metoda obliczania”
3. Karolina Kurtz, Dariusz Gawin „Certyfikacja energetyczna budynków mieszkalnych z przykładami”
4. Józef Jasiczak, Marek Kuiński, Monika Siewczyńska „Obliczanie izolacyjności termicznej i nośności murowanych ścian zewnętrznych”
5. Wybrane strony internetowe:
<http://www.paroc.pl/channels/pl/>
http://www.troy.com.pl/index_frame.htm

