

## Fizyka budowli z BuildDesk.

### Materiały edukacyjne dla doradców i audytorów energetycznych

Obliczanie współczynnika przenikania ciepła dla przegród  
jednorodnych i niejednorodnych z uwzględnieniem poprawek.

Norma PN - EN ISO 6946:2008



# Obliczanie współczynnika przenikania ciepła dla przegród jednorodnych, niejednorodnych z uwzględnieniem poprawek. Norma PN - EN ISO 6946:2008

Metodę obliczania współczynnika przenikania ciepła dla przegród budowlanych poza drzwiami, oknami, elementami, przez które odbywa się przenoszenie ciepła do gruntu i przez które przewiduje się nawiew powietrza, przedstawia norma **PN – EN ISO 6946**.

Metoda opisana w tej normie oparta jest na odpowiednich wartościach obliczeniowych współczynnika przewodzenia ciepła lub wartościach obliczeniowych oporu cieplnego. Metoda ma zastosowanie do komponentów składających się z warstw jednorodnych cieplnie. Załącznik D normy zawiera przybliżoną metodę obliczania współczynnika przenikania ciepła dla przegród składających się z warstw niejednorodnych.

Zasada metody obliczania polega na:

- obliczeniu oporu cieplnego każdej jednorodnej cieplnie części komponentu;  
Opory cieplne części składowych oblicza się wg wzoru (p. 5.1 omawianej normy):

$$R = \frac{d}{\lambda} [m^2 \cdot K / W]$$

gdzie :

d – grubość warstwy materiału w komponencie [m]

$\lambda$  - obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła materiału  $\left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$

Wartości oporu cieplnego stosowane w obliczeniach pośrednich powinny być obliczane z dokładnością, co najmniej do trzech cyfr znaczących.

- zsumowaniu w/w indywidualnych oporów w celu uzyskania całkowitego oporu cieplnego komponentu, z uwzględnieniem (w miarę potrzeby) oporów przyjmowania ciepła.

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

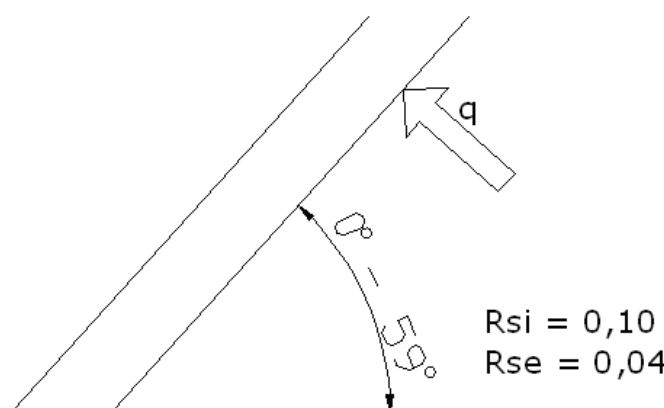
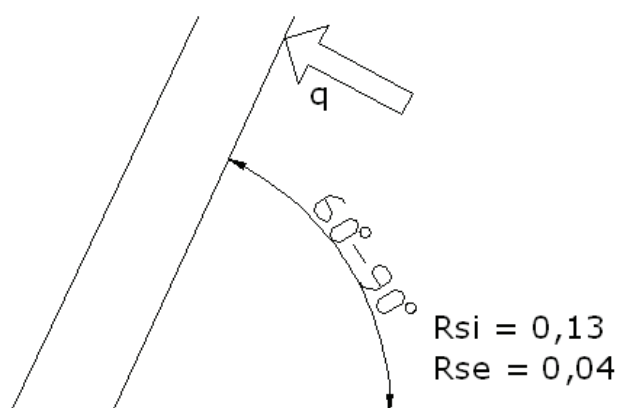
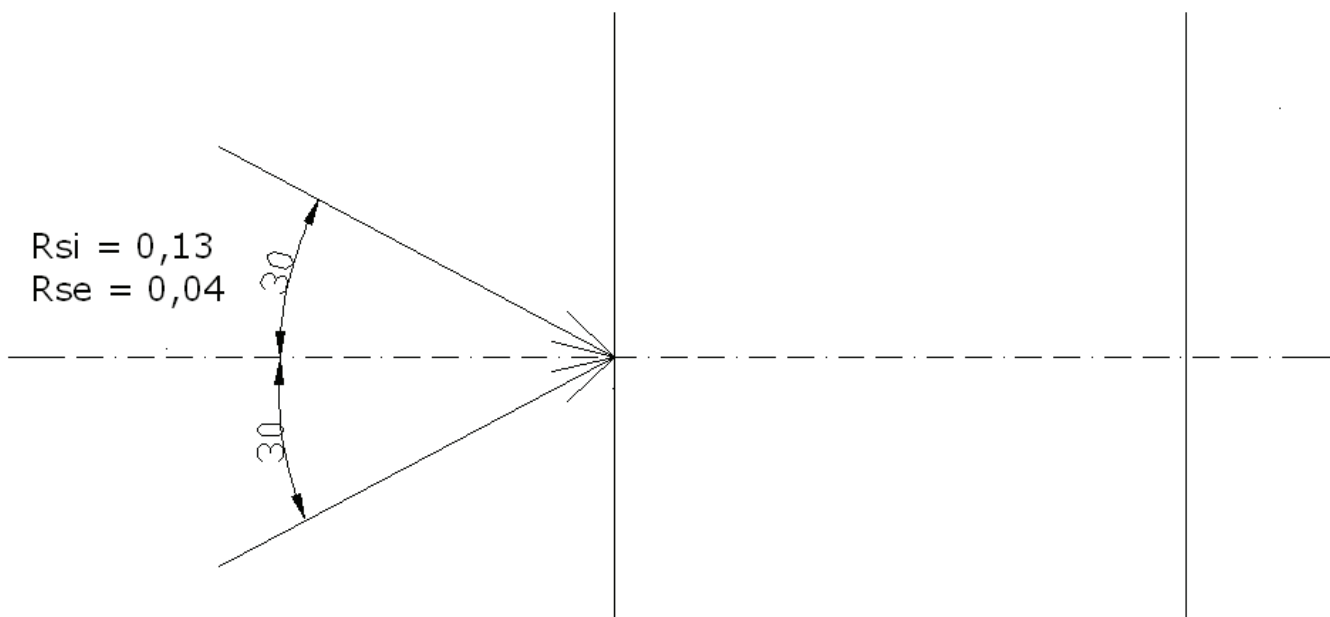
Powyższy wzór jest słuszny dla komponentów składających się z warstw jednorodnych. W kolejnym podpunkcie przedstawiono procedurę obliczania oporu cieplnego komponentu składającego się z warstw niejednorodnych.

Wartości oporów przyjmowania ciepła w większości przypadków przyjmowane są z Tablicy 1, punkt 5.2 omawianej normy.

| Opór przyjmowania ciepła<br>m <sup>2</sup> K/W | Kierunek strumienia ciepła |         |       |
|--|----------------------------|---------|-------|
|  | W górę                     | Poziomy | W dół |
| R <sub>si</sub>                                | 0,10                       | 0,13    | 0,17  |
| R <sub>se</sub>                                | 0,04                       | 0,04    | 0,04  |

Opory te są właściwe, jeżeli powierzchnia przegrody jest w kontakcie z powietrzem. W przypadku przegród w kontakcie z gruntem (np. podłoga na gruncie lub ściana podziemia) opór przyjmowania ciepła od strony zewnętrznej (R<sub>se</sub>) pomija się.

Wartości oporów przejmowania ciepła dla kierunku poziomego ( $R_{si} = 0,13$   $R_{se} = 0,04$ ) stosuje się w przypadku strumienia ciepła odchylonego  $\pm 30^\circ$  od płaszczyzny poziomej.



Jeżeli oblicza się opór cieplny wewnętrznych warstw komponentów budowlanych (ścian działowych itp.) lub komponentów między środowiskiem wewnętrznym i przestrzenią nieogrzewaną,  $R_{si}$  stosuje się dla obydwu stron.

- obliczanie oporu cieplnego komponentu składającego się z warstw niejednorodnych

W przypadku występowania przegród składających się z warstw niejednorodnych (np. konstrukcja dachu, w której między krokwiami umieszczono izolację cieplną czy ściana budynku wykonanego w technologii lekkiego szkieletu) wówczas opór cieplny takiej przegrody należy obliczyć zgodnie z punktem 6.2 normy. Jest to jednak metoda uproszczona. Dokładniejsze wyniki otrzymuje się na podstawie obliczeń wykonanych programami komputerowymi opartymi na metodach numerycznych.

Całkowity opór cieplny  $R_T$  komponentu składającego się z warstw cieplnie niejednorodnych równoległych do powierzchni oblicza się jako średnią arytmetyczną górnego i dolnego kresu oporu cieplnego według wzoru:

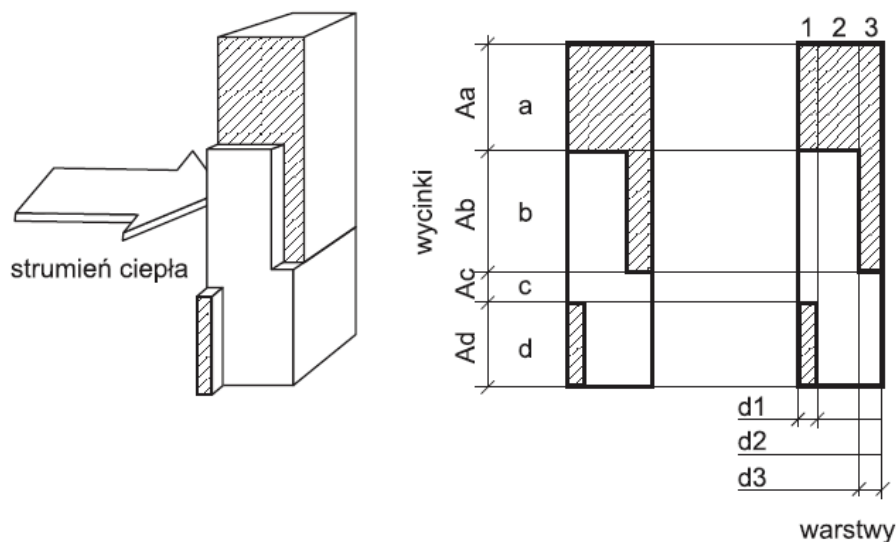
$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

gdzie:

$R_T'$  - kres górny całkowitego oporu cieplnego, obliczany według punktu 6.2.2 norm

$R_T''$  - kres dolny całkowitego oporu cieplnego, obliczany według punktu 6.2.3 normy

Analizowany fragment przegrody (zazwyczaj jest to część powtarzalna) dzielony jest na części jednorodne pod względem cieplnym, płaszczyznami prostopadłymi (wycinki - m) i równoległymi (warstwy - j) do powierzchni przegrody. Łącznie cały niejednorodny komponent będzie składał się z m*j* jednorodnych cieplnie części.



Sposób podziału komponentu na wycinki ( $m = a, b, c, \dots, q$ ) i warstwy ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) pokazano na powyższym rysunku. Poszczególne wycinki mają odpowiednie dla siebie względne pola powierzchni  $f_m$ , natomiast warstwy – grubości  $d_j$ .

Część  $mj$  ma współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda_{mj}$ , grubość  $d_j$ , względne pole powierzchni  $f_m$  oraz opór cieplny  $R_{mj}$ .

Względne pole powierzchni wycinka jest proporcjonalne do całkowitego pola powierzchni. Stąd wynika, że  $f_a + f_b + \dots + f_q = 1$ .

Kres górny całkowitego oporu cieplnego określa się przy założeniu jednowymiarowego przepływu ciepła prostopadle do powierzchni komponentu. Jest on wyrażony wzorem:

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}}$$

w którym:  $R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$  – całkowite opory cieplne od środowiska do środowiska każdego wycinka, obliczone ze wzoru podanego wcześniej.

$f_a, f_b, \dots, f_q$  – względne pola powierzchni każdego wycinka.

Kres dolny całkowitego oporu cieplnego określa się, zakładając, że wszystkie powierzchnie równoległe do powierzchni komponentu są izotermiczne. Wyrażony jest on wzorem:

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

Równoważny opór cieplny  $R_j$ , każdej warstwy niejednorodnej cieplnie, oblicza się, stosując następujący wzór:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}}$$

- obliczanie współczynnika przenikania ciepła  $U$

Współczynnik przenikania ciepła wyrażony jest wzorem:

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

W miarę potrzeby współczynnik przenikania ciepła można skorygować, stosując poprawki według załącznika D normy PN - EN ISO 6946. Jeżeli jednak suma poprawek jest mniejsza niż 3 % wartości  $U$ , poprawki nie są wymagane.

Poniżej przedstawiono przykład obliczeń współczynnika przenikania ciepła dla przegrody składającej się z warstw jednorodnych i warstw niejednorodnych.

#### Przegroda zbudowana z warstw jednorodnych

Ściana zewnętrzna ( $R_{si} = 0,13$   $R_{se} = 0,04$  [ $m^2$  K/W]) o następującym układzie warstw:

- |  |            |                          |
|--|------------|--------------------------|
| • tynk cementowo - wapienny wewnętrzny | gr. 1,5 cm | $\lambda = 0,82$ W/(mK)  |
| • mur z betonu komórkowego odmiany 600 | gr. 24 cm  | $\lambda = 0,21$ W/(mK)  |
| • wełna mineralna                      | gr. 12 cm  | $\lambda = 0,042$ W/(mK) |
| • tynk mineralny cienkowarstwowy       | gr. 5 mm   | $\lambda = 0,82$ W/(mK)  |

Całkowity opór cieplny ściany wynosi:

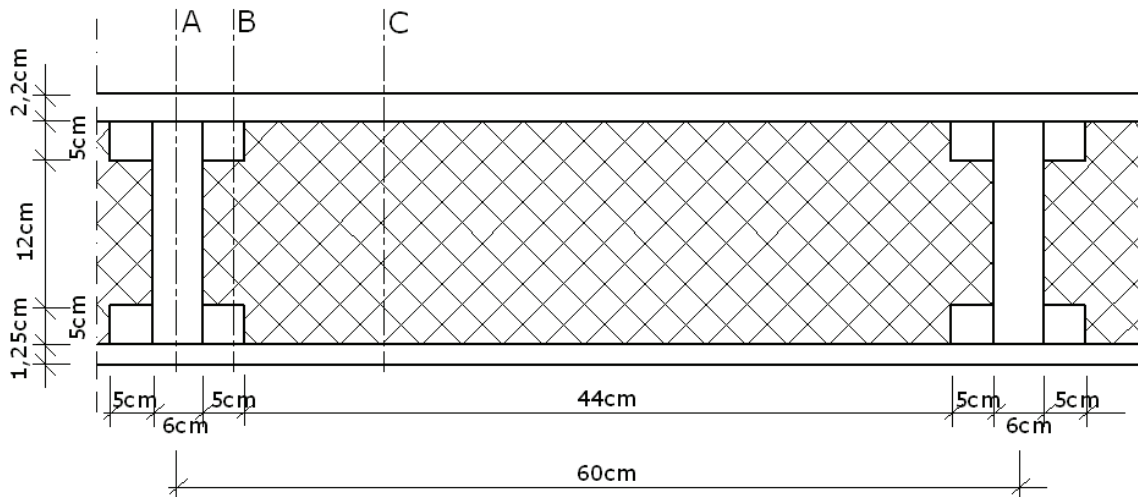
$$R_T = 0,13 + \frac{0,015}{0,82} + \frac{0,24}{0,21} + \frac{0,12}{0,042} + \frac{0,005}{0,82} + 0,04 = 4,194 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Współczynnik przenikania przegrody wynosi:

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,191} = 0,24 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

## Przeграда zbudowana z warstw niejednorodnych

Strop między kondygnacyjny o następującym układzie warstw:



Od góry:

- płyta OSB gr. 22 mm  $\lambda = 0,13 \text{ W}/(\text{mK})$
- wełna mineralna gr. 22 cm  $\lambda = 0,042 \text{ W}/(\text{mK})$
- płyta gipsowo - kartonowa gr. 12,5 mm  $\lambda = 0,23 \text{ W}/(\text{mK})$

Konstrukcję stanowią belki dwuteowe ( $\lambda = 0,16 \text{ W}/(\text{mK})$ ) – drewno sosnowe w poprzek włókien) o rozstawie osiowym 60 cm.

Postępując zgodnie z punktem 6.2 normy PN – EN ISO 6946, wyodrębniono w przegrodzie trzy (A,B,C) wycinki o następujących, względnych polach powierzchni:

$$f_A = \frac{6}{60} = 0,1$$

$$f_B = \frac{10}{60} = 0,167$$

$$f_C = \frac{44}{60} = 0,733$$

Opory cieplne każdego z wycinków policzono jak dla przegród zbudowanych z warstw jednorodnych:

$$R_{TA} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,22}{0,16} + \frac{0,022}{0,13} + 0,10 = 1,799$$

$$R_{TB} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,05}{0,16} + \frac{0,12}{0,042} + \frac{0,05}{0,16} + \frac{0,022}{0,13} + 0,10 = 3,906$$

$$R_{TC} = 0,10 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,22}{0,042} + \frac{0,022}{0,13} + 0,10 = 5,662$$

Kres górny oporu cieplnego wynosi:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,1}{1,799} + \frac{0,167}{3,906} + \frac{0,733}{5,662} = 0,228$$

$$R'_T = 4,39 \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

W celu policzenia kresu dolnego całkowitego oporu cieplnego wydzielono z przegrody pięć warstw równoległych do powierzchni danej przegrody, dla których policzono równoważne współczynniki przewodzenia ciepła wg wzoru:

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

Warstwa 1:

$$\lambda_1'' = 1,0 \cdot 0,23 = 0,23 [W / m \cdot K]$$

Warstwa 2:

$$\lambda_2'' = \frac{0,06}{0,60} \cdot 0,16 + \frac{0,1}{0,60} \cdot 0,16 + \frac{0,44}{0,60} \cdot 0,042 = 0,073 [W / m \cdot K]$$

Warstwa 3:

$$\lambda_3'' = \frac{0,06}{0,60} \cdot 0,16 + \frac{0,54}{0,60} \cdot 0,042 = 0,054 [W / m \cdot K]$$

Warstwa 4:

$$\lambda_4'' = \lambda_2'' = 0,073 [W / m \cdot K]$$

Warstwa 5:

$$\lambda_5'' = 1,0 \cdot 0,13 = 0,13 [W / m \cdot K]$$

Kres dolny całkowitego oporu cieplnego omawianej przegrody wynosi:

$$R''_T = 0,1 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,05}{0,073} + \frac{0,12}{0,054} + \frac{0,05}{0,073} + \frac{0,022}{0,13} + 0,1 = 4,016 \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

Całkowity opór cieplny przegrody składającej się z warstw niejednorodnych wynosi:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{4,39 + 4,016}{2} = 4,203 \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

Szukany współczynnik przewodzenia ciepła wynosi:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,203} = 0,24 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

**BuildDesk Polska Sp. z o.o.**

ul. Kwiatowa 14

66-131 Cigacice

Polska

tel.: (+48) 68 385 00 22

fax: (+48) 68 385 00 22

info@builddesk.pl

www.builddesk.pl