

dr inż. Jacek **SZAFRAN***
mgr inż. Artur **MATUSIAK****

„OCIEPLENIE WELNĄ MINERALNĄ - OBLICZANIE WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA”

Należy zwrócić uwagę na fakt, że większość wykonawców podaje wyliczoną przez siebie grubość izolacji termicznej i porównuje jej współczynnik przenikania ciepła z wartością $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Jest to błąd, gdyż wartość ta odpowiada wartości maksymalnej współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych, a nie dla dachów.

Nasza firma podchodzi do każdego zlecenia indywidualnie. Wykonujemy wizję lokalną oraz inwentaryzację istniejącej konstrukcji i dopiero na tej podstawie określamy wartość współczynnika przenikania ciepła dla **całego komponentu budowlanego**, a nie dla samej izolacji.

1. Ocieplenie wełną mineralną – obliczenie współczynnika przenikania ciepła

Z uwagi na to, że dach nie jest przegrodą jednorodną (nie składa się z warstw cieplnie jednorodnych), należy obliczyć kres górny i dolny całkowitego oporu cieplnego. Obliczenia należy przeprowadzić dla tzw. powtarzalnego komponentu o szerokości równej osiowemu rozstawowi krokwi, zgodnie z normą **PN EN ISO 6946:2008 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania”**. Obliczenia należy przeprowadzić dla dwóch przekrojów przez konstrukcję dachu (**zgodnie z Rys. 01**):

I – I – przekrój przez krokiew,

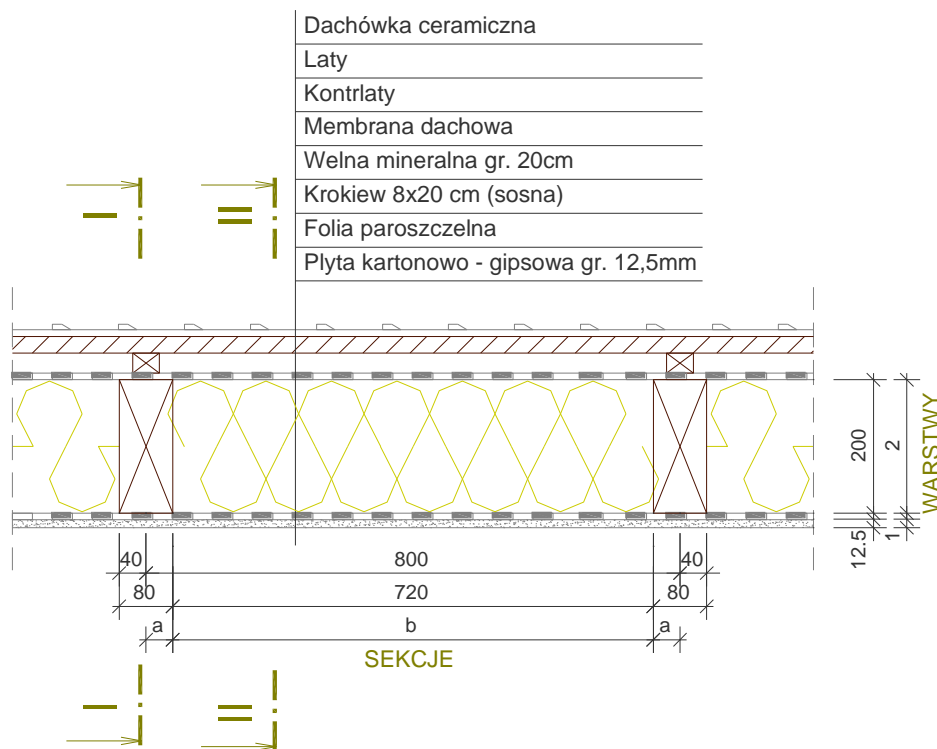
II – II – przekrój przez warstwę izolacji w postaci wełny mineralnej.

W poniższych obliczeniach pominięto współczynniki przenikania ciepła dla dachówki ceramicznej, łat, kontrłat, membrany dachowej oraz folii paroszczelnej, gdyż wartości oporów cieplnych w/w materiałów są bardzo małe w porównaniu do oporu cieplnego wełny mineralnej, czy płyty kartonowo – gipsowej.

* Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

** Compact-Project Sp. z o.o. Sp. k. (Aleja Politechniki 22/24, Łódź)

dr inż. Jacek **SZAFRAN***
mgr inż. Artur **MATUSIAK****



Rys. 01 Podział połaci dachowej z wełną mineralną na warstwy i sekcje

Tabela 1.1. Ocieplenie wełną mineralną – przekrój przez krokiew (przekrój I-I)

Ocieplenie wełną mineralną – przekrój przez krokiew				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i / \lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Powierzchnia wewnętrzna (ogrzewana)				
1	Opór przejmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
2	Płyta kartonowo – gipsowa	0,0125	0,25	0,050
3	Folia paroszczelna	-	-	0,000
4	Krokiew 8x20 cm w rozstawie co 80 cm (sosna)	0,20	0,18	1,111
5	Membrana dachowa	-	-	0,000
6	Kontrłaty	-	-	0,000
7	Łaty	-	-	0,000
8	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
9	Opór przejmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
Powierzchnia zewnętrzna				
Całkowity opór cieplny – przekrój I-I (R_{Ta})		$\Sigma R:$	1,301	m ² K/W
Współczynnik przenikania ciepła – przekrój I-I		$U=1/R$	0,77	W/m ² K

* Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

** Compact-Project Sp. z o.o. Sp. k. (Aleja Politechniki 22/24, Łódź)

dr inż. Jacek SZAFRAN*
mgr inż. Artur MATUSIAK**

Tabela 1.2. Ocieplenie wełną mineralną – przekrój przez wełnę (przekrój II-II)

Ocieplenie wełną mineralną – przekrój przez wełnę mineralną				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i / \lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Powierzchnia wewnętrzna (ogrzewana)				
1	Opór przejmowania od strony wewnętrznej, R_{si}	-	-	0,100
2	Płyta kartonowo – gipsowa	0,0125	0,25	0,050
3	Folia paroszczelna	-	-	0,000
4	Wełna mineralna dachowa	0,20	0,039	5,128
5	Membrana dachowa	-	-	0,000
6	Kontrłaty	-	-	0,000
7	Łaty	-	-	0,000
8	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
9	Opór przejmowania od strony zewnętrznej, R_{se}	-	-	0,040
Powierzchnia zewnętrzna				
Całkowity opór cieplny – przekrój II-II (R_{Tb})		$\Sigma R:$	5,318	m ² K/W
Współczynnik przenikania ciepła – przekrój II-II		$U=1/R$	0,19	W/m ² K

1.1. Względne pola powierzchni poszczególnych sekcji komponentu f_i :

$$A_c = 0,80 \cdot (0,20 + 0,0125) = 0,170 m^2$$

$$f_a = \frac{(0,20 + 0,0125) \cdot 0,04}{0,170} \cdot 2 = 0,100$$

$$f_b = \frac{(0,20 + 0,0125) \cdot 0,72}{0,170} = 0,900$$

1.2. Kres górny całkowitego oporu cieplnego R_T' :

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_q} = \frac{0,100}{1,301} + \frac{0,900}{5,318} = 0,246 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R_T' = 4,064 \frac{m^2 K}{W}$$

1.3. Kres dolny całkowitego oporu cieplnego R_T'' :

Równoważny opór cieplny warstwy niejednorodnej (warstwa z krokwią i wełną mineralną):

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} = \frac{0,100}{1,111} + \frac{0,900}{5,128} = 0,266 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R_j = 3,766 \frac{m^2 K}{W}$$

* Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

** Compact-Project Sp. z o.o. Sp. k. (Aleja Politechniki 22/24, Łódź)

dr inż. Jacek **SZAFRAN***
mgr inż. Artur **MATUSIAK****

Kres dolny całkowitego oporu cieplnego R_T'' :

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} = 0,100 + 0,050 + 3,766 + 0,040 = 3,956 \frac{m^2 K}{W}$$

1.4. Całkowity opór cieplny komponentu (ocieplenie wełną mineralną):

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2} = \frac{4,063 + 3,956}{2} = 4,010 \frac{m^2 K}{W}$$

1.5. Współczynnik przenikania ciepła komponentu U (ocieplenie wełną mineralną):

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,009} = 0,25 \frac{W}{m^2 K}$$

2. Poprawiony współczynnik przenikania ciepła U_c :

Zgodnie z Załącznikiem D normy **PN EN ISO 6946:2008** poprawiony współczynnik przenikania ciepła U_c uzyskuje się poprzez dodanie członu korekcyjnego ΔU .
Na człon korekcyjny współczynnika przenikania ciepła składa się:

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

Z uwagi na rodzaj konstrukcji – więźba dachowa, a także rodzaj zastosowanej izolacji termicznej, w analizowanym przypadku należy uwzględnić tylko poprawkę ze względu na pustki powietrzne. Powyższe podyktowane jest faktem, iż wełna nie tworzy jednolitej i ciągłej warstwy izolacji termicznej, przerwana jest przez krokwie, co odpowiada 1 Poziomowi zgodnie z Tablica D.1 normy PN EN ISO 6946:2008.

2.1. Wartość poprawki z uwagi na pustki powietrzne:

$$\Delta U_g = \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right) = 0,01 \cdot \left(\frac{3,766}{4,010} \right) = 0,01 \frac{W}{m^2 K}$$

2.2. Poprawiony współczynnik przenikania ciepła U_c :

$$U_c = U + \Delta U = 0,25 + 0,01 = 0,26 \frac{W}{m^2 K} > U_{\max} = \mathbf{0,20 \frac{W}{(m^2 K)}}$$

* Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

** Compact-Project Sp. z o.o. Sp. k. (Aleja Politechniki 22/24, Łódź)

dr inż. Jacek **SZAFRAN***
mgr inż. Artur **MATUSIAK****

3. Podsumowanie:

1) Należy szczególną uwagę zwracać na dobór grubości izolacji, biorąc pod uwagę **całkowity opór cieplny komponentu**. Zgodnie z powyższymi obliczeniami, wartość współczynnika przenikania ciepła dla przekroju II-II przez wełnę mineralną ($U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$) jest o wiele mniejsza niż dla przekroju I-I ($U = 0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$). W obliczeniach dotyczących wymaganej grubości izolacji termicznej **należy rozpatrywać komponent jako całość**, a nie kierować jedynie współczynnikiem przenikania ciepła samej izolacji.

2) W przypadku realizacji ocieplenia dachu wełną mineralną należy szczególną uwagę zwracać na jakość wykonania izolacji, nie wolno dopuścić do powstania szczelin pomiędzy izolacją termiczną, a konstrukcją więźby dachowej.

W zależności od jakości wykonania ocieplenia, wartość współczynnika przenikania ciepła należy odpowiednio zwiększyć:

- w przypadku prawidłowo wykonanej izolacji z wełny mineralnej (1 Poziom poprawki), wartość współczynnika przenikania ciepła zwiększyła się o $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dla powyższego przypadku obliczeniowego),
- w przypadku nieprawidłowo wykonanej izolacji termicznej z wełny mineralnej (2 poziom poprawki), wartość współczynnika przenikania ciepła należałoby zwiększyć o $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dla powyższego przypadku obliczeniowego).

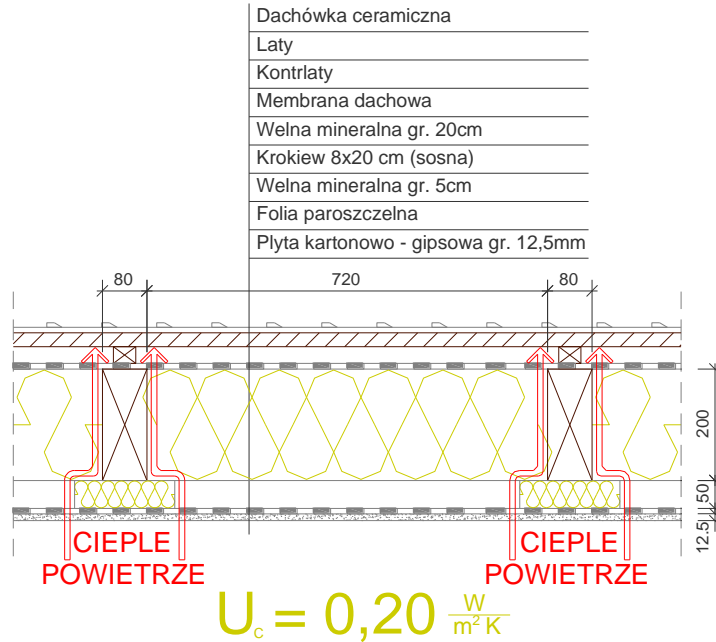
3) Wartość poprawionego współczynnika przenikania ciepła $U_c = 0,26 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ przekracza jego maksymalną dopuszczalną wartość $U_{\max} = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Aby polepszyć współczynnik przenikania ciepła, tak by spełniał powyższe wymagania, można zastosować dwa rozwiązania:

- dołożenie warstwy wełny mineralnej o gr. 5 cm pod krokiewiami, dzięki czemu uzyskamy wartość $U_c = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Warunek będzie spełniony, jednak taki sposób nie zapewnia 100 % szczelności izolacji termicznej (Rys. 02).
- drugim rozwiązaniem zalecanym przez producentów wełny jest dołożenie warstwy o gr. 5 cm na całej powierzchni przegrody, dzięki czemu uzyskamy wartość $U_c = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Warunek będzie spełniony, jednak znów pojawia się problem szczelności wykonanej w ten sposób izolacji termicznej dachu (Rys. 03).

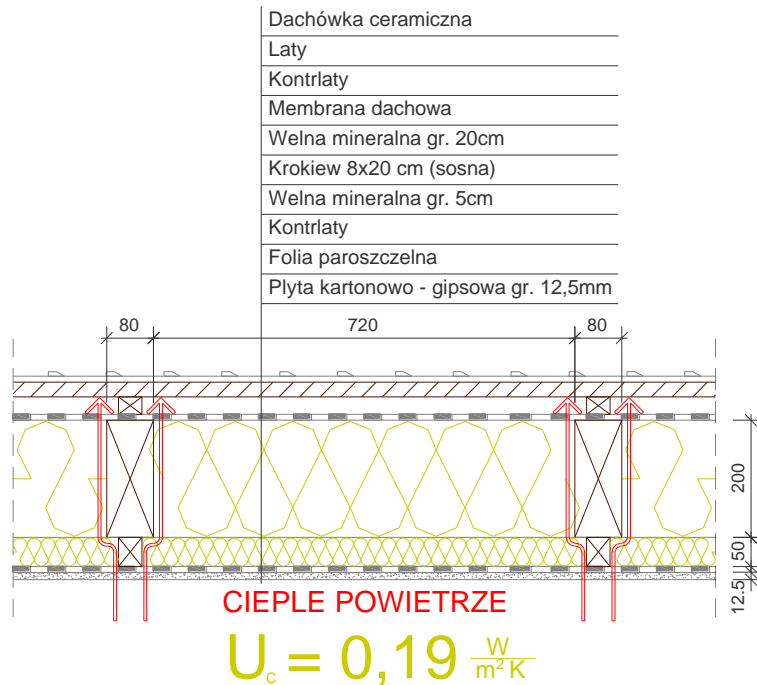
* Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

** Compact-Project Sp. z o.o. Sp. k. (Aleja Politechniki 22/24, Łódź)

dr inż. Jacek **SZAFRAN***
mgr inż. Artur **MATUSIAK****



Rys. 02 Ocieplenie wełną mineralną z dodatkową warstwą wełny pod krokiewiami



Rys. 03 Ocieplenie wełną mineralną z dodatkową warstwą wełny na całej powierzchni konstrukcji

* Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

** Compact-Project Sp. z o.o. Sp. k. (Aleja Politechniki 22/24, Łódź)

dr inż. Jacek **SZAFRAN***
mgr inż. Artur **MATUSIAK****

4. Piśmiennictwo

- [1] Budownictwo ogólne tom 2, fizyka budowli, Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, wyd. Arkady, Warszawa 2005, 2006.
- [2] Norma PN EN ISO 6946:2008 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.”

* Katedra Mechaniki Konstrukcji, Politechnika Łódzka

** Compact-Project Sp. z o.o. Sp. k. (Aleja Politechniki 22/24, Łódź)