



## **Wyznaczenie zastępczego współczynnika przewodzenia ciepła dla farb – powłok termorefleksyjnych**

Zgodnie z warunkami technicznymi, które mają być osiągnięte w 2022 roku, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej przygotowało projekt rozporządzenia jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

W projekcie tym podane są między innymi wymagania dotyczące izolacyjności przegród budowlanych, które muszą być spełnione przez nowo powstałe i modernizowane budynki. Jednym z wymogów jest zmniejszenie wartości współczynnika przenikania ciepła  $U$ , jest to bardzo istotne ponieważ niesie to za sobą zmianę grubości izolacji jaką trzeba będzie stosować.

Aktualnie współczynnik przenikania ciepła dla ścian  $U$  musi być mniejszy od wartości  $0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . W praktyce oznacza to, że ścianę należy pokryć konwencjonalnym materiałem izolacyjnym o grubości około 25 cm.

Patrząc na poprzednie lata: 2014 rok –  $U_{\text{maks}} = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , 2017 rok –  $U_{\text{maks}} = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , można zauważyć tendencję obniżania maksymalnej wartości współczynnika  $U$  a co za tym idzie wzrostu grubości izolacji. Zmiany te znacząco wpływają na wzrost kosztów inwestycji.

Działania inwestorów koncentrują się na zwiększaniu termoizolacyjności przez stosowanie na ściany budynków dodatkowych przegród wykonanych z materiałów o niskich współczynnikach przewodzenia ciepła, na przykład: mat z wełny szklanej, płyt styropianowych jak i materiałów termorefleksyjnych.

Technologia ochrony termorefleksyjnej polega na ograniczeniu transportowania ciepła między ośrodkami o różnych temperaturach na drodze promieniowania podczerwonego. W tej dziedzinie jednym z najnowocześniejszych rozwiązań jest stosowanie farb – powłok termorefleksyjnych, które charakteryzują się wysokim współczynnikiem odbicia promieniowania podczerwonego dochodzącym do 98%. Odbicie tego właśnie promieniowania w kierunku źródła ciepła o wyższej temperaturze wytwarza na powierzchni odbijającej tak zwaną barierę cieplną o dużo większej skuteczności niż klasyczne materiały termoizolacyjne.

Powłoką termorefleksyjną produkowaną na polskim rynku jest PScoat.

Stosowana jest do malowania wewnętrznego, zewnętrznego jak i pokryć dachowych.

Masy termorefleksyjne PScoat stosowane są szeroko w przemyśle jako izolacje rurociągów, zbiorników, silosów etc.

Przenikanie ciepła między ośrodkami o różnych temperaturach odbywające się poziomie promieniowania podczerwonego jak i przewodzenia ciepła można ująć zastępczym mechanizmem przewodzenia ciepła pod warunkiem posiadania zmierzonego zastępczego współczynnika przewodzenia ciepła do pokrycia termorefleksyjnego.



## Opis metody badawczej

Badanie polega na stworzeniu warunków klimatycznych jak najbardziej zbliżonych do panujących w zimie: temperatura na zewnątrz  $-15^{\circ}\text{C}$  oraz w pomieszczeniu mieszkalnym  $+20^{\circ}\text{C}$ . Celem badania jest określenie jak zastosowanie powłok termoizolacyjnych PScoat wpływa na przenikania ciepła przez testową przegrodę.

Przeprowadzono badania na testowej przegrodzie w następujących wariantach:

1. Płyty gipsowo – kartonowe obustronnie – bez użycia systemu PSC
2. Płyty gipsowo – kartonowe obustronnie – pokryte systemem PSC od strony schładzanej
3. Płyty gipsowo – kartonowe obustronnie + od strony schładzanej: styropian o grubości 10 cm bez użycia systemu PSC
4. Płyty gipsowo – kartonowe obustronnie – pokryte systemem PSC od strony zimnej oraz farbą, która jest elementem systemu PSC

### Rysunki



### Próbki do badań:

System dociepleniowy PSC:

- Grunt
- Warstwa termiczna
- Farba Fasadowa PSC

Wszystkie elementy systemów są produktami wodorozcieńczalnymi. Łączna grubość warstwy systemu wynosi 0,35mm, a grubość warstwy samej farby PSC wynosi 0,1mm.

**Badania zużycia prądu****Cel badania**

Celem badania jest określenie wpływu zastosowania produktów serii PSC na zużycie energii elektrycznej niezbędnej do utrzymania temperatury w strefie ogrzewanej – symulacja oszczędności wynikających dzięki zastosowaniu produktów serii PSC.

**Warunki i opis badania**

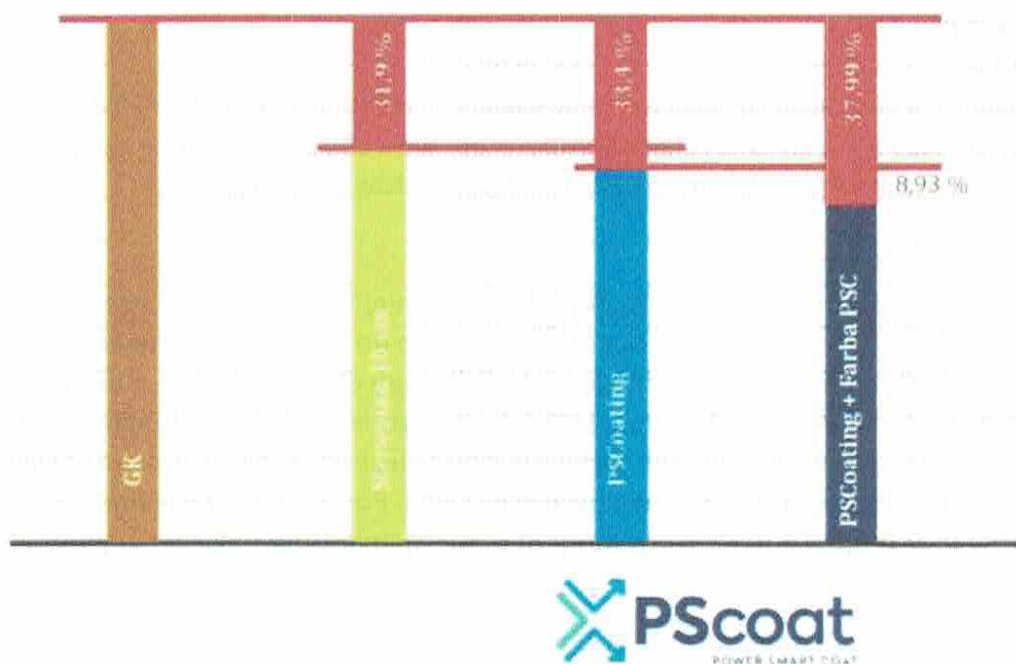
Badanie polegało na utrzymaniu przez 24 godziny średniej temperatury w strefach ciepłej oraz zimnej. W obu strefach symulatora doprowadzono do stabilnych warunków termicznych, a następnie utrzymywano je przez całkowity okres 24 godzin. Koszty utrzymania temperatury w strefie zimnej nie były mierzone – założono stabilność warunków zewnętrznych, natomiast zużycie energii elektrycznej niezbędnej do utrzymania temperatury w strefie ciepłej było przedmiotem niniejszego badania. Pomiarów zużycia energii elektrycznej oraz temperatury dokonywano za pomocą aparatury opisanej w punkcie numer 2 załącznika nr. 1 tego raportu.

**Wyniki badania**

Poniżej przedstawiono wyniki badania w ujęciu tabelarycznym oraz na wykresie. Oszczędności pomiędzy poszczególnymi wersjami przegród ujęto w wymiarze bezwzględnym – odnosząc wartość oszczędności do przegrody bazowej.

| wersja przegrody | zużycie w ciągu |             |
|------------------|-----------------|-------------|
|                  | 24h [kW]        | Oszczędność |
| GK               | 6,58            | -           |
| PSC              | 4,38            | 33,43%      |
| ST10             | 4,48            | 31,91%      |
| PSC + Farba PSC  | 4,08            | 37,99%      |

Tabela 2 Wyniki badania poboru energii elektrycznej



Rys. 6 Wykres poboru energii elektrycznej – oszczędności w ujęciu bezwzględnym

#### Wyznaczenie lambdy zastępczej dla systemu PSCoat.

1. Założenia:

- Wymiary ściany: 2,19m x 2,19 m,
- Środowisko badawcze jest stałe podczas wszystkich badań,
- Jedyną zmienną między badaniami jest przegroda.
- Lambda styropianu: 0,044 [W/m<sup>2</sup>\*K]
- Sprawność grzejnika: 1

**2. Znane:**

- a. Opór cieplny przegrody kontrolnej:  
 $R_0 = 2,826 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$
- b. Opór cieplny przegrody zaizolowanej styropianem,  
 $R_1 = 5,098 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$
- c. Różnica temperatur między ośrodkami:  
 $\Delta T = 35^\circ \text{K}$
- d. Ilość energii elektrycznej dostarczonej do środowisk badawczych,
  - $Q_0 = 6580 \text{ Wh}$
  - $Q_1 = 4480 \text{ Wh}$
  - $Q_{PSC,1} = 4380 \text{ Wh}$
  - $Q_{PSC,2} = 4080 \text{ Wh}$
- e. Powierzchnia badanej ściany,  
 $P = 4,796 \text{ m}^2$
- f. Grubość warstw izolacji termicznej PScoat,  
 $d = 0,00035 \text{ m}$

**3. Opis metody wyznaczenia lambdy zastępczej dla systemu izolacji PScoat.**

Znając powyższe wartości wyznaczamy wartość strumienia ciepła, który przeszedł przez przegrodę kontrolną [ $Q_0'$ ]. Zakładając, że różnica zużycia energii elektrycznej wynika tylko i wyłącznie ze zmiany wprowadzonej w przeszkodzie wyznaczamy wartość [ $Q_0'$ ] na podstawie proporcji oporów cieplnych przegrody kontrolnej a przegrody z izolacją styropianem. Znając wartość strumienia ciepła dla przegrody kontrolnej i różnicę zużycia energii elektrycznej możemy wyznaczyć na tej podstawie opór przegród zaizolowanych systemem PScoat. W celu sprawdzenia poprawności obliczeń wyznaczamy tą metodą opór dla przegrody zaizolowanej styropianem.

**4. Obliczenia.****Wyznaczenie sprawności systemu grzewczego:**

$$\zeta = \frac{\Delta Q'}{\Delta Q}$$

gdzie:

$\zeta$  - sprawność systemu grzewczego [%]

$\Delta Q_0'$  - Różnica obliczeniowych strumieni cieplnych między przegrodą kontrolną, a przegrodą zaizolowaną 10 cm styropianem.

$\Delta Q$  - Różnica zużycia energii elektrycznej w badaniach przegrody kontrolnej a przegrodą zaizolowaną 10 cm styropianem.

$$\Delta Q = Q_0 - Q_1 = 2100 \text{ Wh}$$

$$\Delta Q' = Q_0' - Q_1' = \left( \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} \right) 24h * 4,796 \text{ m}^2 * 35^\circ \text{K}$$



$$\Delta Q' = 635,617 \text{ Wh}$$

$$\zeta = \frac{635,617 \text{ Wh}}{2100 \text{ Wh}} = 0,303$$

Wyznaczenie strat energii przegrody kontrolnej w całkowitym zużyciu energii środowiska.

$$\frac{1}{R_0} = Q_i'$$

$$\frac{1}{R_1} = Q_i' - \Delta Q$$

$$\begin{aligned} 0,354 &= Q_i' \\ 0,196 &= Q_i' - 2100 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$Q_i' = 4704,43 \text{ Wh}$$

Wyznaczenie energii cieplnej przegrody kontrolnej z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego.

$$Q_i = Q_i' * \zeta = 1\,425,44 \text{ Wh}$$

Wyznaczenie oporu cieplnego dla przegrody zaizolowanej PScoat

$$Q_1' = Q_i' - (Q_0 - Q_{PSC,1}) = 4704,43 \text{ Wh} - 2200,00 \text{ Wh} = 2504,43 \text{ Wh}$$

$$Q_1'' = Q_1' * \zeta = 758,03 \text{ Wh}$$

Całkowity strumień ciepła dla całej przegrody dla 1h:

$$Q_1^{1h} = \frac{Q_1''}{24h} = 31,584 \text{ W}$$

Całkowity strumień ciepła dla 1m<sup>2</sup> przegrody zaizolowanej styropianem

$$Q_{S,0,1} = \frac{Q_1^{1h}}{P} = \frac{31,584 \text{ W}}{4,796 \text{ m}^2} = 6,585 \text{ W/m}^2$$

Wyznaczenie przenikalności cieplnej przegrody zaizolowanej systemem PScoat:

$$U_{PSC,1} = \frac{Q_{S,0,1}}{\Delta T} = \frac{6,585 \text{ W/m}^2}{35^\circ \text{K}} = 0,188 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{K}}$$

Wyznaczenie oporu cieplnego przegrody zaizolowanej systemem PScoat:

$$R_{PSC,1} = \frac{1}{U_{PSC,1}} = 5,319 \frac{\text{m}^2 * \text{K}}{\text{W}}$$



**Wyznaczenie zastępczego oporu cieplnego dla samej przegrody PScoat.**

$$R_{PSC} = R_{PSC,1} - R_0$$

$$R_{PSC}^* = 5,319 \frac{m^2 * K}{W} - 2,826 \frac{m^2 * K}{W} = 2,493 \frac{m^2 * K}{W}$$

**Wyznaczenie lambdy zastępczej dla systemu izolacji PScoat**

$$\lambda_{PSC}^* = \frac{d}{R_{PSC}}$$

gdzie:

d – grubość izolacji PScoat = 0,00035m

$$\lambda_{PSC}^* = \frac{0,00035m}{2,493 \frac{m^2 * K}{W}} = 0,00014 \frac{W}{m^2 * K}$$

**Wyznaczenie oporu cieplnego dla przegrody zaizolowanej PScoat + PScoat interior**

$$Q_2' = Q_i' - (Q_0 - Q_{PSC,2}) = 4704,43 Wh - 2500,00Wh = 2204,43 Wh$$

$$Q_2'' = Q_2' * \varsigma = 667,23 Wh$$

Całkowity strumień ciepła dla całej przegrody dla 1h:

$$Q_2''^{1h} = \frac{Q_1''}{24h} = 27,81W$$

Całkowity strumień ciepła dla 1m<sup>2</sup> przegrody zaizolowanej styropianem

$$Q_{S,0,2} = \frac{Q_1''^{1h}}{P} = \frac{27,81W}{4,796 m^2} = 5,797 W/m^2$$

Wyznaczenie przenikalności cieplnej przegrody zaizolowanej systemem PScoat:

$$U_{PSC,2} = \frac{Q_{S,0,1}}{\Delta T} = \frac{5,797 W/m^2}{35^\circ K} = 0,166 \frac{W}{m^2 * K}$$

**Wyznaczenie oporu cieplnego przegrody zaizolowanej systemem PScoat:**



$$R_{PSC,2} = \frac{1}{U_{PSC,2}} = 6,038 \frac{m^2 * K}{W}$$

**Wyznaczenie zastępczego oporu cieplnego dla samej przegrody PScoat.**

$$R_{PSC,2}^* = R_{PSC,2} - R_0$$

$$R_{PSC,2}^* = 6,038 \frac{m^2 * K}{W} - 2,826 \frac{m^2 * K}{W} = 3,215 \frac{m^2 * K}{W}$$

**Wnioski:**

Wg. Powyższych obliczeń zastępcze opory dla systemu izolacji PScoat i PScoat+PScoat interior przewyższają opór styropianu o grubości 10cm i  $\lambda = 0,044 \frac{W}{m * K}$ .

Wyniki prezentują się następująco:

Opór PScoat:

$$R_{PSC} = 2,493 \frac{m^2 * K}{W}$$

Opór PScoat+PScoat interior:

$$R_{PSC,2}^* = 3,215 \frac{m^2 * K}{W}$$

**Współczynnik przewodności cieplnej PScoat  $\lambda_{PSC}$ :**

$$\lambda_{PSC} = 0,00012 \frac{W}{m * K}$$

**Współczynnik przewodności cieplnej PScoat+PScoat interior  $\lambda_{PSC,i}$ :**

$$\lambda_{PSC,i} = 0,000416 \frac{W}{m * K}$$

**Uwagi:**

Dla systemu izolacji PScoat nie wyznaczano współczynnika przewodzenia ciepła ze względu na to, że badanie zostało przeprowadzone dla izolacji o gr. 0,00035m. Zwiększenie jej grubości nie gwarantuję liniowego poprawienia się parametrów termicznych przegrody.



KATODESK

Charakterystyka Energetyczna  
Obiektów Budowlanych  
mgr inż. Philip Skuczeń  
Św. Jana 11/4, 40-012 Katowice  
NIP: 634-277-81-54 nr rej: 15211

Raport wykonali:

Mgr inż. Philip Skuczeń  
Mgr inż. Kamil Kotarski  
Katodesk-tech,  
Ul. Św. Jana 11/4  
Katowice 40-012

Załącznik nr.1: Raport badawczy.



KATODESK

Kamil Kotarski

40-012 Katowice, ul. Św. Jana 11/4  
NIP 9542769121 REGON 365497762

Katodesk-tech,  
Ul. Św. Jana 11/4  
Katowice 40-012

From the ...  
...  
...  
...

WATSON  
...  
...  
...