



Нанотек еу ЕООД

ул Синчец 10
1000 София - България
ДДС 207468719
Телефон +359 (2) 4910794

Determinazione del coefficiente di conducibilità termica equivalente di un intonaco riflettente-isolante termico InTek, OutTek e Stealth (λD).

Consulenza e pianificazione degli investimenti BIPLAN
Dr. ing. Grzegorz Kaczmarzyk
Ul. Paproci 11, 40-693 Katowice

Introduzione

In linea con le linee guida da attuare nel 2021, il Ministero dei Trasporti, delle Costruzioni e dell'Economia Marittima ha preparato una bozza di regolamento sulle condizioni tecniche che gli edifici e la loro ubicazione devono rispettare.

Questo documento contiene i requisiti per, tra l'altro, le proprietà isolanti delle partizioni, delle strutture e i requisiti che devono essere soddisfatti dagli edifici nuovi e modernizzati. Uno dei requisiti è la riduzione del valore massimo di trasmissione del calore delle pareti (segno U).

I requisiti previsti per il 2014 alzano la soglia a $U_{maks} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Tuttavia, nel 2021, le pareti rispetteranno il criterio $U_{maks} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Per quanto riguarda i cambiamenti fisici nei progetti, lo spessore richiesto per l'isolamento termico aumenterà in media di circa 2 cm nel 2014, 4 cm nel 2017 e 5 cm nel 2021.

Lo stesso vale per i tetti (circa 15 cm oggi, 18 cm nel 2014, 20 cm nel 2017, 25 cm nel 2021) e i pavimenti (6 cm oggi e 10 cm negli altri anni). Naturalmente, ciò influirà sui costi dell'investimento, ma la spesa si ripagherà dopo alcuni anni di utilizzo, e i costi di manutenzione dell'edificio diminuiranno notevolmente.

Nelle attività degli investitori, l'attenzione è attualmente focalizzata sull'aumento dell'isolamento termico mediante l'aggiunta di partizioni supplementari alle pareti degli edifici realizzati con materiali a bassa conducibilità termica, come ad esempio pannelli di polistirene, lastre di scoria o lana di vetro e, in misura minore, altre tecnologie di protezione termica più avanzate. Queste tecnologie sono principalmente sottili strati di intonaci termoisolanti e riflettenti.

La tecnologia di protezione termoisolante-riflettente tiene conto della limitazione o addirittura dell'eliminazione di un componente importante del movimento del calore, che è il trasporto del calore tra media a temperature diverse tramite radiazione infrarossa.

nanotek.eu Ltd ®

Sinches st.10 - 1000 Sofia - Bulgaria
VAT: BG207468719 / tel.+359 (2) 4910794



Нанотек еу ЕООД

ул Синчец 10
1000 София - България
ДДС 207468719
Телефон +359 (2) 4910794

In questa categoria, una delle soluzioni tecniche più moderne è l'uso di rivestimenti o masse termoisolanti riflettenti con un'alta riflettività della radiazione infrarossa fino al 98%.

La riflessione della radiazione infrarossa verso una sorgente di calore a temperatura più elevata crea una "barriera termica" sulla superficie riflettente, molto più efficace dei materiali di isolamento termico classici.

La famiglia degli intonaci termoisolanti riflettenti include, in primo luogo:

- Rivestimenti termoriflettenti **InTek** per interni, rivestimenti termoriflettenti **OutTek** per pareti esterne, rivestimenti termoriflettenti **MetalTop/TilesTop** per tetti, **Stealth** per pareti interne ed esterne e tetti;
- Masse termoisolanti e riflettenti per intonaci **SkimPlaster** o rivestimenti termici per tubazioni ad alta temperatura **IndustrialTek**.

Il trasferimento di calore tra fluidi a temperature diverse, sia per conduzione termica che per radiazione infrarossa, può essere catturato dal meccanismo di conduzione del calore equivalente, a condizione che venga misurato il coefficiente di conducibilità termica equivalente per l'intonaco termoisolante-riflettente.

La specificità del movimento del calore per conduzione termica simultanea e radiazione consente l'equilibrio dei flussi di calore sulle superfici delle pareti di partizione e dei flussi che penetrano attraverso una parete di partizione coperta da un rivestimento termoisolante-riflettente che definisce la modalità - chiamata "Conduzione termica equivalente per rivestimenti termoisolanti riflettenti" - riferita al coefficiente di conduzione termica tradizionale (trasferimento di calore) U a scopo comparativo.

Determinazione del coefficiente di conducibilità termica equivalente per un rivestimento termoisolante-riflettente - intonaco.

La misura per determinare il coefficiente di conduzione termica equivalente per i rivestimenti termoisolanti riflettenti è stata effettuata con un cubo chiuso con dimensioni di 1,0 m x 1,0 m x 1,0 m, in cui la sorgente di calore è posizionata centralmente, una lampada di resistenza con una potenza di 150W, e su ogni parete, nel suo centro geometrico, sono presenti termometri a resistenza a una distanza di 2 cm dalla superficie della parete. Un termometro aggiuntivo è stato installato all'esterno del cubo per misurare la temperatura ambiente. Dopo l'accensione della sorgente di calore, sono state effettuate misurazioni della distribuzione della temperatura, misurandola nel sistema di raccolta dati microprocessore, prendendo misurazioni a intervalli di 1 secondo con registrazione ogni 1 minuto. Le tendenze della temperatura ottenute nei singoli esperimenti hanno permesso di stimare il movimento del calore attraverso le pareti divisorie per i diversi rivestimenti esterni in cartongesso utilizzati.

La misurazione è stata effettuata fino al raggiungimento di tendenze di temperatura uniformi (da 1,5 a 2 ore). Con un profilo uniforme della temperatura interna e una temperatura esterna costante, il calore totale che passava attraverso le partizioni verso l'esterno era uguale all'efficienza termica della sorgente di calore. Il valore del coefficiente di trasferimento del calore U è stato determinato dalla differenza di temperatura misurata tra la temperatura media dell'ambiente e la temperatura media interna, la superficie del cubo esposta all'ambiente e la potenza della sorgente di calore.

Il valore del coefficiente di conducibilità termica sostitutivo è stato determinato dai valori ottenuti del coefficiente di trasferimento del calore e dallo spessore del rivestimento - intonaco termoisolante-riflettente, calcolato dalla quantità di rivestimento utilizzato per pitturare la superficie e dalla composizione del rivestimento. Si prega di ricordare che lo spessore così determinato si riferisce allo stato umido. Dopo l'asciugatura, lo spessore si riduce a circa 2/3 del valore originale.

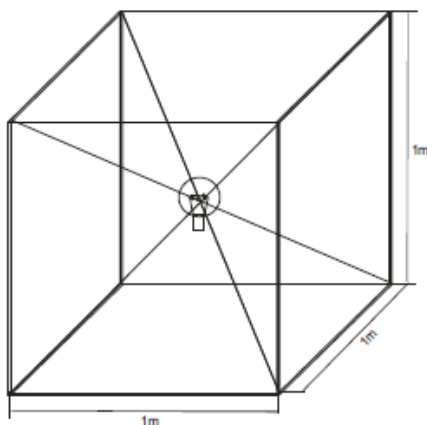


Figura 1: dimensioni del supporto sperimentale

Parametri di partizione	cartongesso	
Materiale		
Conducibilità termica	0,23	W/m/deg
Spessore	0,01	m
Calore specifico	1	kJ/kg/deg
Densità	1000	Kg/m ³

Gli esperimenti sono stati eseguiti in tre fasi:

Fase 1	Descrizione
 ESPERIMENTO 1 muro senza copertura	Le pareti sono state lasciate per la misurazione come pannelli grezzi, senza applicazione di rivestimenti termoisolanti e riflettenti. Nella misurazione, il valore di base: $U_{\text{partizione dell'edificio,1}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_w} + \frac{d}{\lambda_d} + \frac{1}{\alpha_z}\right)}$

Fase 2	Descrizione		
 Strato di rivestimento interno asciutto con spessore di 0,312 mm ESPERIMENTO 2 parete con rivestimento InTek		Parete interna	Unità
	Superficie	1	m ²
	Usura del materiale di rivestimento	240	g/wall
	Densità del rivestimento	0,8	kg/l
	Contenuto di sostanza secca	100%	
	Rivestimenti murali	312	ml s.m.
		0,312	l
		0,000312	m ³
		0,000312	m ³ dry weight
	Spessore dello strato	0,000312	
		0,3120	
	Nella misurazione è stato determinato un valore: $U_{\text{partizione dell'edificio,2}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_w} + \frac{d}{\lambda_d} + \frac{d_1}{\lambda_{rw}} + \frac{1}{\alpha_z}\right)}$		
	Da cui, per lo spessore della vernice interna d₁, è stato stimato il valore del coefficiente di conduttività termica equivalente per l'isolamento termico interno e l'intonaco riflettente λ_{rw} utilizzando i valori da me determinati nell'esperimento precedente a_w e a_z.		

Fase 3	Descrizione																											
Strato asciutto di rivestimento OutTek con uno spessore di 0,286 mm  Strato asciutto di rivestimento InTek con uno spessore di 0,312 ESPERIMENTO 3 Parete con rivestimento interno ed esterno NANOTEK	È stata utilizzata un'ulteriore applicazione esterna con i seguenti parametri: <table><tr><td></td><td>Parete esterna</td><td>Unità</td></tr><tr><td>Superficie</td><td>1</td><td>m²</td></tr><tr><td>Usura del materiale di rivestimento</td><td>240</td><td>g/wall</td></tr><tr><td>Densità del rivestimento</td><td>0,836</td><td>kg/l</td></tr><tr><td>Wall coverings</td><td>286</td><td>ml s.m.</td></tr><tr><td></td><td>0,286</td><td>l</td></tr><tr><td></td><td>0,000286496</td><td>m³</td></tr><tr><td>Spessore dello strato</td><td>0,000286496</td><td>m</td></tr><tr><td></td><td>0,286</td><td>mm</td></tr></table> Nella misurazione è stato determinato un valore: $U_{\text{partizione dell'edificio,3}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_w} + \frac{d}{\lambda_d} + \frac{d_1}{\lambda_{rw}} + \frac{d_2}{\lambda_{rz}} + \frac{1}{\alpha_z}\right)}$ Da cui, per lo spessore dell'applicazione esterna d2, è stato stimato il valore del coefficiente di conduttività termica equivalente per il rivestimento in intonaco termoisolante-riflettente esterno λrz utilizzando i valori di aw e az determinati nell'esperimento precedente 1 e nell'esperimento 2 λrw		Parete esterna	Unità	Superficie	1	m²	Usura del materiale di rivestimento	240	g/wall	Densità del rivestimento	0,836	kg/l	Wall coverings	286	ml s.m.		0,286	l		0,000286496	m³	Spessore dello strato	0,000286496	m		0,286	mm
	Parete esterna	Unità																										
Superficie	1	m²																										
Usura del materiale di rivestimento	240	g/wall																										
Densità del rivestimento	0,836	kg/l																										
Wall coverings	286	ml s.m.																										
	0,286	l																										
	0,000286496	m³																										
Spessore dello strato	0,000286496	m																										
	0,286	mm																										

Relazioni di base utilizzate nell'interpretazione dei risultati delle misurazioni

$$Q_{\text{Elencato con gli ambienti}} = U_{\text{partizione edilizia}} * F_{\text{partizione edilizia}} * \Delta T_{\text{media}}$$

Dove:

$Q_{\text{Elencato con gli ambienti}}$ = potenza termica della lampadina da 150 W per un profilo di temperatura fisso

$U_{\text{partizione edilizia}}$ = coefficiente generale di scambio termico per la partizione, determinato dalla relazione¹

$$U_{\text{partizione edilizia,1}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_w} + \sum \frac{d}{\lambda_d} + \frac{1}{\alpha_z} \right)}$$

α_w ; α_z - rispettivamente i coefficienti di scambio termico dall'interno alla parete e dalla parete all'ambiente

d - spessore degli elementi di barriera termica nella parete (secondo tabella 1)

λ_s - coefficiente di conduttività termica per gli elementi del materiale della parete (divisoria) (secondo la tabella 1)

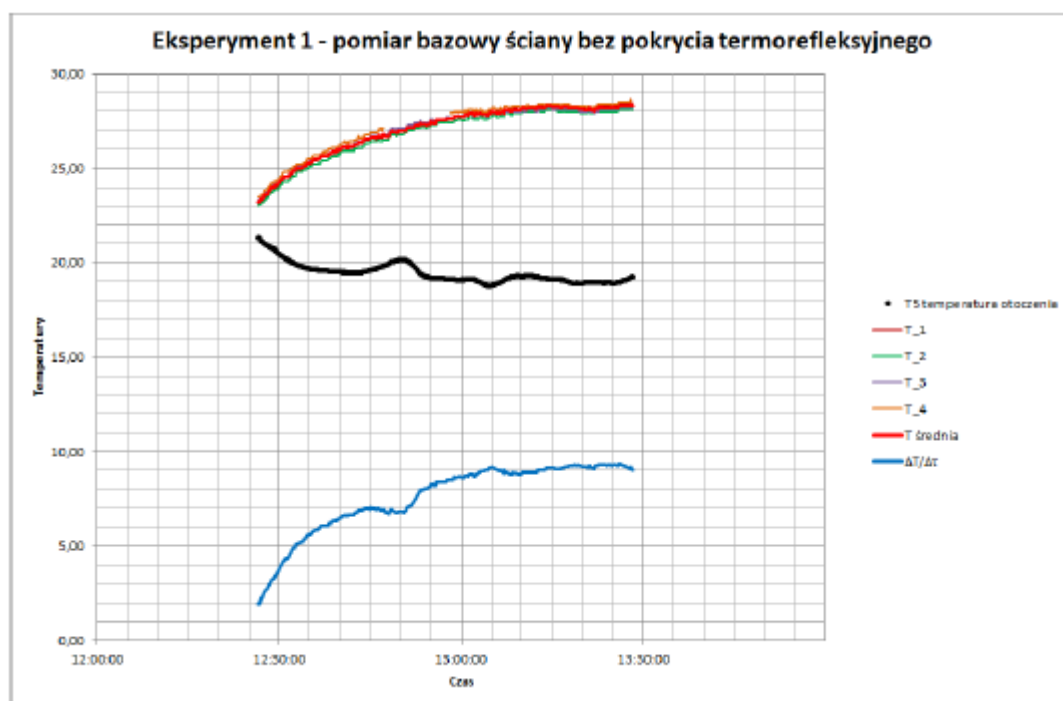
$F_{\text{partizione edilizia}}$ - la superficie di tutte le pareti esposte all'ambiente (6 m²)

$$\Delta T_{\text{media}} = \left(\frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4} - T_{\text{dintorni}} \right)$$

Misurazioni e loro interpretazione

Fase 1 - senza applicazione del rivestimento NANOTEK

Il profilo di temperatura ottenuto per la misurazione di base senza l'applicazione di un rivestimento termoisolante riflettente è mostrato nella figura 2 sottostante e i risultati dei calcoli della resistenza termica sono presentati nella Tabella 2.



Le tendenze di temperatura mostrano chiaramente un aumento stabile delle temperature interne nel cubo di misurazione, con le singole tendenze di temperatura T1, T2, T3, T4 praticamente identiche. Le temperature si sono stabilizzate dopo circa 40 minuti. La differenza di temperatura media ottenuta tra l'ambiente circostante e l'interno del cubo di misurazione è stata di 9,15 °C. I risultati delle misurazioni convertiti sono mostrati nella Tabella 2 sottostante. Lo scopo della misurazione era determinare i valori dei coefficienti di trasferimento del calore convettivo a_1 e a_2 .

Tabella 2 Risultati del calcolo per l'esperimento di base - determinazione dei coefficienti di trasferimento del calore convettivo a_1 e a_2 .

Tabella 2

Potenza	150	W
Superficie di scambio termico	5	m ²
Media ΔT	8,00	deg
Coefficiente medio di scambio termico	3,125	W/m ² /deg
Resistenza termica media U/1	0,32	[m ² *deg] /W
Spessore parete cartongesso	0,0125	m
Coefficiente di conduttività del cartongesso	0,23	W/m/deg
Resistenza termica della parete dgesso / λ_{gesso}	0,054	[m ² *deg] /W
$1/k'=1/a_1+1/a_2$	0,266	[m ² *deg] /W
$a_1 = a_2 = a$	7,529	W/m ² /deg

I valori determinati dei coefficienti 7.529 [W/m²/deg] sono coerenti con i valori riportati nel caso 1 di scambio termico tra la superficie riscaldata e lo strato d'aria stazionario nell'ambiente circostante.

Fase 2 – applicazione interna

Il profilo di temperatura ottenuto per la misurazione di base con l'applicazione di un rivestimento riflettente termoisolante interno è mostrato nella figura 3 sottostante e i risultati del calcolo della resistenza termica sono nella Tabella 3

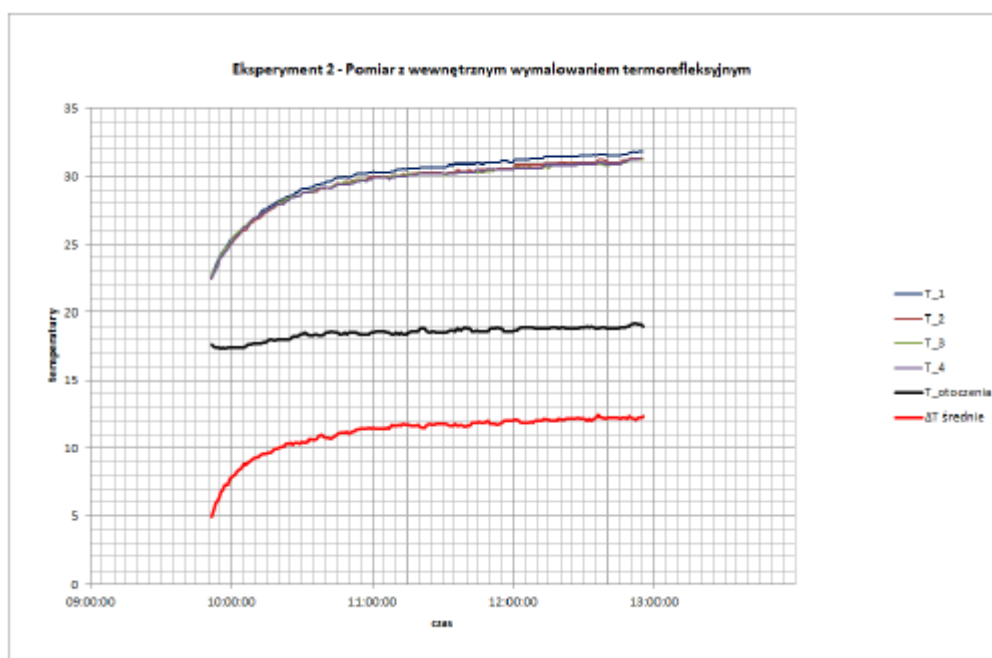


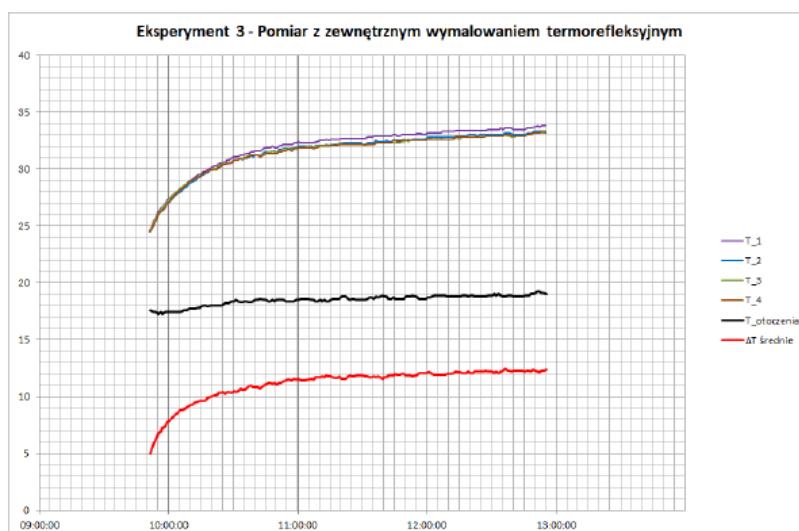
Table 3

Potenza	150	W
Superficie di scambio termico	6	m ²
Media ΔT	12,50	deg
Coefficiente medio di scambio termico	2,000	W/m ² /deg
Resistenza termica media U/1	0,500	[m ² *deg] /W
Spessore parete cartongesso	0,0125	m
Coefficiente di conduttività del cartongesso	0,230	W/m/deg
Resistenza termica della parete dgesso / λ gesso	0,054	[m ² *deg] /W
$1/k'=1/a_1+1/a_2$	0,266	[m ² *deg] /W
$a_1 = a_2 = a$	7,529	W/m ² /deg
Resistenza termica $1/k''$ del rivestimento riflettente termoisolante	0,180	[m ² *deg] /W
Spessore del rivestimento riflettente termoisolante	0,312	mm
Coefficiente di conduttività equivalente del rivestimento riflettente termoisolante	0,000079	W/m/deg
Distribuzione della resistenza termica		
Resistenza totale	0,500	100%
Ingresso del calore all'interno	0,133	27%
Applicazione interna	0,180	36%
Parete in cartongesso	0,054	11%
Ingresso del calore verso l'esterno	0,133	27%

Il valore del coefficiente di conduttività termica equivalente per l'intonaco termoisolante riflettente interno è secondo le misurazioni $5,62 \cdot 10^{-5}$ [W/m/deg].

Fase 3-applicazione esterna

Il profilo di temperatura ottenuto per la misurazione di base con l'applicazione del rivestimento riflettente termoisolante interno ed esterno è mostrato nella figura 4 sottostante e i risultati del calcolo della resistenza termica sono presentati nella Tabella 4.



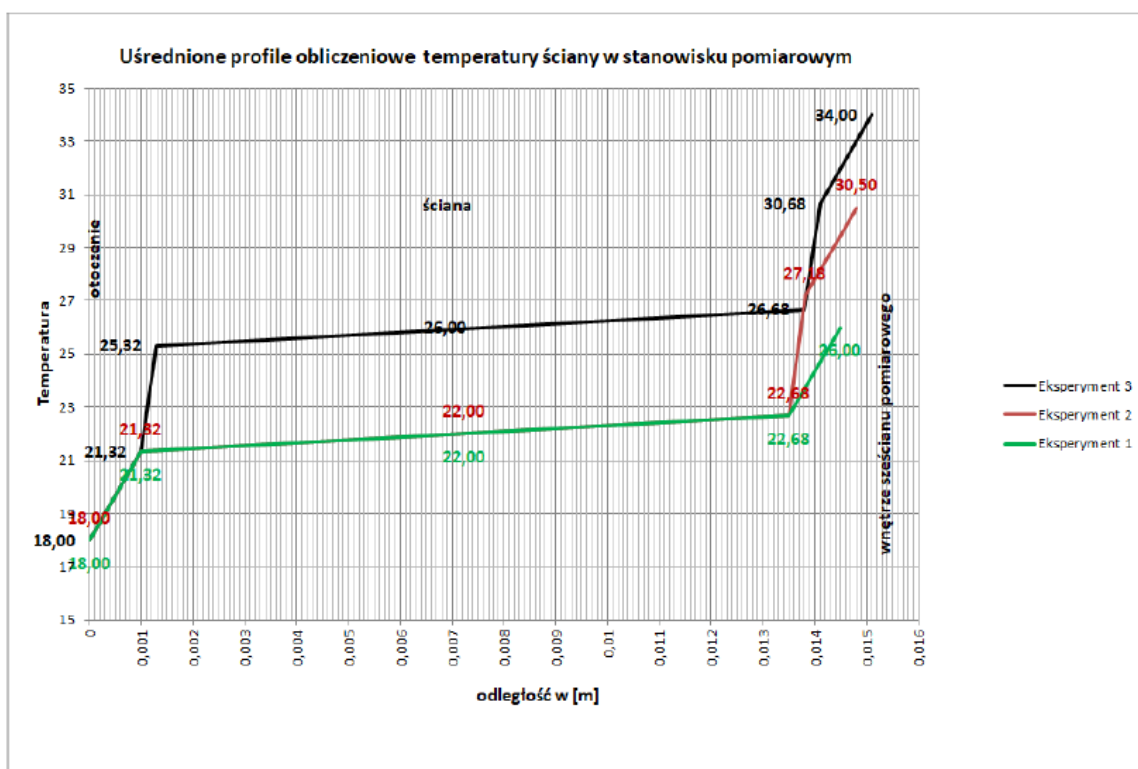
Gli andamenti della temperatura mostrano ancora una volta chiaramente un aumento stabile delle temperature interne nel cubo di misurazione, con gli andamenti individuali della temperatura T_1 ; T_2 ; T_3 ; T_4 praticamente identici. Le temperature si sono stabilizzate dopo circa 60 minuti. La differenza di temperatura media ottenuta tra l'ambiente circostante e l'interno del cubo di misurazione era di 16,5 °C. I risultati della misurazione convertiti sono mostrati nella Tabella 4 di seguito. Lo scopo della misurazione era determinare il valore del coefficiente di conduttività termica equivalente per l'applicazione esterna utilizzando i coefficienti di trasferimento di calore convettivo a_1 e a_2 determinati dall'Esperimento 1 e il valore del coefficiente di conduttività termica equivalente per l'applicazione interna determinato nell'esperimento 2.

Tabella 4

Potenza	150	W
Superficie di scambio termico	6	m ²
Media ΔT	16,50	deg
Coefficiente medio di scambio termico	1,515	W/m ² /deg
Resistenza termica media U/1	0,660	[m ² *deg] /W
Spessore parete cartongesso	0,013	m
Coefficiente di conduttività del cartongesso	0,230	W/m/deg
Resistenza termica della parete dgesso / λ_{gesso}	0,054	[m ² *deg] /W
$1/k'=1a_1+1/a_2$	0,266	[m ² *deg] /W
$a_1 = a_2 = a$	7,529	W/m ² /deg
Resistenza termica 1/k'' del rivestimento termoisolante e riflettente interno	0,180	[m ² *deg] /W
Resistenza termica 1/k'' del rivestimento termoisolante e riflettente esterno	0,160	[m ² *deg] /W
Spessore del rivestimento riflettente termoisolante	0,286	mm
	0,000286	m
Coefficiente di conduttività equivalente del rivestimento riflettente termoisolante	0,000088	W/m/deg
Distribuzione della resistenza termica		
Resistenza totale	0,6600	100%
Ingresso del calore all'interno	0,1328	20%
Applicazione interna	0,1800	27%
Parete in cartongesso	0,0543	8%
Applicazione esterna	0,1600	24%
Ingresso del calore verso l'esterno	0,1328	20%

Il valore del coefficiente di conduttività termica equivalente per l'intonaco termoisolante riflettente esterno OutTek è pari a $4,58 \cdot 10^{-5}$ [W/m/deg] secondo le misurazioni effettuate.

La figura 5 presenta una panoramica della distribuzione della temperatura media nella parete per ciascuno degli esperimenti descritti sopra



Lo schema soprastante mostra chiaramente l'effetto della "barriera termica" creata dal rivestimento termoisolante-riflettente, sia sulla superficie esterna che su quella interna della parete.



Нанотек еу ЕООД

ул Синчец 10
1000 София - България
ДДС 207468719
Телефон +359 (2) 4910794

Commenti sulle misurazioni effettuate

1. Le misurazioni effettuate hanno confermato l'effetto di riflessione della radiazione termica dalla superficie coperta con rivestimenti termoisolanti riflettenti, il che si traduce in valori estremamente bassi dei cosiddetti "Coefficienti di Conducibilità Termica Equivalente" per i rivestimenti termoisolanti riflettenti. Sono i seguenti:

- ☐ Per la parte interna $5,62 \cdot 10^{-5}$ [W/m/°C]
- ☐ Per la parte esterna $4,58 \cdot 10^{-5}$ [W/m/°C]

2. Tali valori bassi dei cosiddetti coefficienti di sostituzione della conduzione del calore derivano da meccanismi diversi dal classico meccanismo di trasporto del calore. Per i materiali isolanti ordinari, questo meccanismo è il trasferimento di calore mediante il cambiamento della frequenza delle vibrazioni delle molecole del materiale; per i rivestimenti termoisolanti riflettenti, questo meccanismo è anche la radiazione termica. Maggiore è la riflettività della radiazione infrarossa (radiazione non visibile), maggiore è la capacità isolante del rivestimento protettivo. Pertanto, utilizziamo il termine "conducibilità termica equivalente".