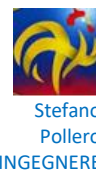




COMUNE DI PREGNANA MILANESE  
CITTA' METROPOLITANA DI MILANO

Piazza della Libertà n. 1 – 20010 Pregnana Milanese  
tel: 02.939671 - fax: 02.93590747  
email: protocollo@comune.pregnana.mi.it  
pec: protocollo@pec.comune.pregnana.mi.it



**CENTRO SPORTIVO "A. COGLIATI"**  
**LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DEL BOCCIODROMO E DI RICONVERSIONE A PALESTRA,**  
**REALIZZAZIONE DI NUOVI SPOGLIATOI, RIMODULAZIONE GENERALE DEGLI SPAZI DEDICATI ALLO**  
**SPORT E DEI PERCORSI DI FRUIZIONE DEL CENTRO SPORTIVO**



PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA – PRESTAZIONI ENERGETICHE DEL SISTEMA EDIFICIO/IMPIANTO**

PROGETTAZIONE

APRILE 2022



dott. ing. Stefano Pollero

Via F. BORGOGNA, 14 - 13100 VERCELLI

Tel./Fax (+39) 0161 257 307

C (+39) 339 5849560

[pollerostefano@gmail.com](mailto:pollerostefano@gmail.com)  
[stefano.pollero2@ingpec.eu](mailto:stefano.pollero2@ingpec.eu)

Codice elaborato PMI-E-RIM	Revisione	Redazione	Controllo	Approvazione
	00	RC	RC	SP
Elaborato E.11.0	01-1/24	RC	SP	SP
	02-03/24	RC	RC	SP

**RELAZIONE TECNICA DI CUI AL PUNTO 4.8 DELLE DISPOSIZIONI ALLEGATE AL  
DECRETO ATTUATIVO DELLA DGR 3868 DEL 17.7.2015  
EDIFICIO SPOGLIATOI**

*Nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti di primo livello, edifici ad energia quasi zero*

## **1. PREMESSA**

La presente relazione si riferisce all'edificio di nuova costruzione denominato "edificio spogliatoi", a servizio dell'adiacente edificio denominato "palestra".

La seguente relazione tecnica contiene le informazioni minime necessarie per accertare l'osservanza delle norme vigenti da parte degli organismi pubblici competenti. Lo schema di relazione tecnica si riferisce ad un'applicazione integrale del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015. L'elaborato fa parte del progetto definitivo per la realizzazione del nuovo fabbricato cui si riferisce.

## **2. INFORMAZIONI GENERALI**

Comune di: *Pregnana Milanese*

Provincia di *Milano*

Progetto per la realizzazione di (specificare il tipo di opere): *Nuovi spogliatoi e rifunzionalizzazione palestra*

Edificio pubblico ☒ sì ☐ no

Edificio a uso pubblico ☐ sì ☒ no

Sito in: *via Giacomo Leopardi 7, 20010 Pregnana Milanese (MI)*

Richiesta Permesso di Costruire: *futura*

Classificazione dell'edificio in base alla categoria così come definita nell'Allegato A del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015: *E.6 (3)-Edificio adibito a servizio di supporto alle attività sportive*

Numero delle unità immobiliari: *1*

Committente(i): *Comune di Pregnana Milanese (MI)*

Progettista degli impianti di climatizzazione (invernale/estiva), dell'isolamento termico, del sistema di ricambio dell'aria dell'edificio e dell'impianto di illuminazione: *ING. POLLERO STEFANO in collaborazione con ING. ROBERTA COPPO*

## **3. FATTORI TIPOLOGICI DELL'EDIFICIO**

Gli elementi tipologici da fornire, al solo scopo di supportare la presente relazione tecnica, sono i primi tre allegati obbligatori di cui al punto 9 della presente relazione.

## **4. PARAMETRI CLIMATICI DELLA LOCALITÀ**

Gradi giorno (della zona d'insediamento, determinati in base al DPR 412/93)	2631 GG
Temperatura minima di progetto (dell'aria esterna secondo norma UNI 5364 e successivi aggiornamenti)	-5,2 °C
Temperatura massima estiva di progetto dell'aria esterna secondo norma	31,9 °C

## 5. DATI TECNICI E COSTRUTTIVI DELL'EDIFICIO E DELLE RELATIVE STRUTTURE

### Climatizzazione invernale

Volume delle parti di edificio abitabili al lordo delle strutture che li delimitano (V)	878,19 m <sup>3</sup>
Superficie disperdente che delimita il volume riscaldato (S)	567,15 m <sup>2</sup>
Rapporto S/V	0,65 m <sup>-1</sup>
Superficie utile climatizzata dell'edificio	153,59 m <sup>2</sup>
Valore di progetto della temperatura interna invernale	20,0 °C
Valore di progetto dell'umidità relativa interna invernale	50,0 %
Presenza sistema di contabilizzazione del calore	<input type="checkbox"/> sì <input checked="" type="checkbox"/> no

### Climatizzazione estiva

Volume delle parti di edificio abitabili al lordo delle strutture che li delimitano (V)	0,00 m <sup>3</sup>
Superficie disperdente che delimita il volume condizionato (S)	0,00 m <sup>2</sup>
Superficie utile climatizzata dell'edificio	0,00 m <sup>2</sup>
Valore di progetto della temperatura interna estiva	26,0 °C
Valore di progetto dell'umidità relativa interna estiva	50 %
Presenza sistema di contabilizzazione del freddo	<input type="checkbox"/> sì <input checked="" type="checkbox"/> no

### Informazioni generali e prescrizioni

Presenza di reti di teleriscaldamento/raffreddamento a meno di 1000 m ☐ sì ☒ no

Livello di automazione per il controllo la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici (BACS), classe: ---

Adozione di materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture ☐ sì ☒ no

La copertura sarà quasi interamente utilizzata per l'installazione di pannelli fotovoltaici e solari termici

Adozione di tecnologie di climatizzazione passiva per le coperture ☐ sì ☒ no

La copertura sarà quasi interamente utilizzata per l'installazione di pannelli fotovoltaici e solari termici

Adozione di misuratori d'energia (Energy Meter) ☐ sì ☒ no

Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta del calore ☐ sì ☒ no

Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta dell'A.C.S. ☒ sì ☐ no

Utilizzazione di fonti di energia rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento di cui ai punti 6.13 e 6.15 dell'Allegato del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015.

Gli impianti a fonti rinnovabili presenti sono i seguenti:

- impianto fotovoltaico con potenza nominale pari a circa 24kWp a servizio sia dell'edificio in oggetto denominato "SPOGLIATOI" che dell'edificio adiacente denominato "PALESTRA". E' posizionato sulla copertura del fabbricato adibito a spogliatoi
- impianto di climatizzazione in pompa di calore di tipo VRF a servizio dei due edifici sopra citati
- impianto solare termico ad integrazione dell'impianto di produzione ACS

### Produzione di energia termica

% di copertura tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, dei consumi previsti per:

- acqua calda sanitaria (%): 65,78
- acqua calda sanitaria, climatizzazione invernale, climatizzazione estiva (%): 36,32

### Produzione di energia elettrica

- potenza elettrica (kW): 24,00
- potenza elettrica limite (kW): 11

Adozione sistemi di regolazione automatica della temperatura ambiente singoli locali o nelle zone termiche servite da impianti di climatizzazione invernale ☒ sì ☐ no

Valutazione sull'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate sia esterni che interni presenti:  
Si prevede l'installazione di schermature solari a protezione delle finestre sui fronti sud ed ovest, ipotizzando l'utilizzo di frangisole esterni a lamelle.

## 6. DATI RELATIVI AGLI IMPIANTI

### 6.1 Impianto termico

Impianto tecnologico destinato ai servizi di climatizzazione invernale e/o estiva e/o produzione di acqua calda sanitaria, indipendentemente dal vettore energetico utilizzato.

Trattamento di condizionamento chimico per l'acqua (norma UNI 8065)	<input checked="" type="checkbox"/> sì	<input type="checkbox"/> no
Filtro di sicurezza	<input checked="" type="checkbox"/> sì	<input type="checkbox"/> no
Installazione di un contatore del volume di acqua calda sanitaria	<input checked="" type="checkbox"/> sì	<input type="checkbox"/> no
Installazione di un contatore del volume di acqua di reintegro dell'impianto	<input checked="" type="checkbox"/> sì	<input type="checkbox"/> no

#### Produttore ACS

Generatore istantaneo a condensazione

Generatore di calore a biomassa ☐ sì ☒ no

Combustibile utilizzato: *Metano*

Fluido termovettore: *Acqua*

Sistema di emissione: //

Valore nominale della potenza termica utile *92,00 kW*

Rendimento termico utile (o di combustione per generatori ad aria calda) al 100% P<sub>n</sub>  
Valore di progetto *94,0 %*

Rendimento termico utile al 30% P<sub>n</sub>  
Valore di progetto *99,0 %*

#### Impianto in pompa di calore VRF

Pompa di calore: ☒ elettrica ☐ a gas

Tipo di pompa di calore (ambiente esterno/interno): *aria/aria*

Lato esterno (specificare aria/acqua/suolo - sonde orizzontali/ suolo - sonde verticali/altro): *aria*

Fluido lato utenze (specificare aria/acqua/altro): *aria*

Potenza termica utile riscaldamento: 78,50 kW

Potenza elettrica assorbita: 21,81 kW

Coefficiente di prestazione (COP): 3,600

Coefficiente di prestazione (SPF): 2,359

#### **6.1.1 Specifiche relative ai sistemi di regolazione dell'impianto termico**

Tipo di conduzione invernale prevista: *Continua 24 ore* per il calcolo; intermittente in condizioni di esercizio

Tipo di conduzione estiva prevista: *Intermittente*

Regolatori climatici e dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone

#### **6.1.2 Dispositivi per la contabilizzazione del calore/freddo nelle singole unità immobiliari (solo per impianti centralizzati)**

Non pertinente

#### **6.1.3 Terminali di erogazione dell'energia termica**

Numero di apparecchi, tipo, potenza termica nominale: *n° 10 terminali motocondensanti a parete*

#### **6.1.4 Condotti di evacuazione dei prodotti della combustione**

Previsti solo per le caldaie di produzione istantanea ACS realizzate secondo le indicazioni del costruttore

#### **6.1.5 Sistemi di trattamento dell'acqua (tipo di trattamento)**

Addolcimento

#### **6.1.6 Specifiche dell'isolamento termico della rete di distribuzione**

Come da normativa vigente

#### **6.1.7 Schemi funzionali degli impianti termici**

- Vd. tavole di progetto PMI-D-TRM

### **6.2 Impianti fotovoltaici**

Impianto a pannelli su copertura, inclinazione 10°, falde sud-ovest e nord-est. Potenza di picco circa 24kWp

### **6.3 Impianti solari termici**

Sistema solare a pannelli collettori piani su copertura, inclinazione 10°, falda nord-est, superficie captante 7,5m<sup>2</sup>.

### **6.4 Impianti di illuminazione**

Vd. tavola di progetto PMI-D-ELE

### **6.5 Altri impianti**

Ventilazione Meccanica Controllata di tipo puntuale. N.2 macchine posizionate entro i locali spogliatoi.

## 7. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

**Si dichiara che l'edificio oggetto della presente relazione può essere definito "edificio ad energia quasi zero" in quanto sono contemporaneamente rispettati:**

- tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del punto 6.13 dell'Allegato del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015 solo a valle della verifica alternativa
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili previsti dalla lettera c) del punto 6.13 dell'Allegato del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015

### a) Involucro edilizio e ricambi d'aria

Trasmittanza termica (U) degli elementi divisorii tra alloggi o unità immobiliari confinanti (distinguendo pareti verticali e solai):

- pareti verticali:  $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
- solai:  $0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

Confronto con il valore limite pari a  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Verifica termoigrometrica

(vedi allegati alla presente relazione)

Numeri di ricambi d'aria (media nelle 24 ore)	2,37	$\text{h}^{-1}$
Portata d'aria di ricambio (G)	1.260,00	$\text{m}^3/\text{h}$
Portata dell'aria circolante attraverso apparecchiature di recupero del calore disperso (solo se previste dal progetto)	1.008,00	$\text{m}^3/\text{h}$
Efficienza delle apparecchiature di recupero del calore disperso (solo se previste dal progetto)	80,00	%

### b) Indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e l'illuminazione

Determinazione dei seguenti indici di prestazione energetica, espressi in  $\text{kWh/m}^2\text{anno}$ , così come definiti al punto 6 dell'Allegato del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015, rendimenti e parametri che ne caratterizzano l'efficienza energetica:

- $H'_T$ : coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (UNI EN ISO 13789):  **$0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$** ;

$H'_{T,L}$ : coefficiente medio globale limite di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (Tabella 10 Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015):  **$0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$** ;

Verifica  $H'_T < H'_{T,L}$  **POSITIVA**

$A_{sol,est} / A_{sup\ utile} = 0,027 < (A_{sol,est} / A_{sup\ utile})_{limite} = 0,040$  (Tabella 11 Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015)

- $EP_{H,nd}$ : indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio:  **$82,68 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$** ;

$EP_{H,nd,limite}$ : indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale calcolato nell'edificio di riferimento:  **$87,91 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$** ;

Verifica  $EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$  **POSITIVA**

- $EP_{C,nd}$ : indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva dell'edificio (compreso l'eventuale controllo dell'umidità):  **$13,79 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$** ;

$EP_{C,nd,limite}$ : indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva calcolato nell'edificio di riferimento (compreso l'eventuale controllo dell'umidità):  **$14,86 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$** ;

Verifica  $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$  **POSITIVA**

- $EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$ : indice della prestazione energetica globale dell'edificio (Energia primaria); questo indice può essere espresso in energia primaria totale ( $EP_{gl,tot}$ ) e in energia primaria non rinnovabile ( $EP_{gl,nren}$ )

$EP_{gl,tot}$ : indice della prestazione energetica globale dell'edificio (Energia primaria totale): **129,78 kWh/m<sup>2</sup>anno**;

$EP_{gl,tot,limite}$ : indice della prestazione energetica globale dell'edificio calcolato nell'edificio di riferimento (Energia primaria totale): **176,79 kWh/m<sup>2</sup>anno**;

Verifica  $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$  **POSITIVA**

- $\eta_H$ : efficienza media stagionale dell'impianto di riscaldamento: **1,0441**;

$\eta_{H,limite}$  efficienza media stagionale dell'impianto di riscaldamento calcolato nell'edificio di riferimento: **0,8870**;

Verifica  $\eta_H > \eta_{H,limite}$  **POSITIVA**

- $\eta_C$ : efficienza media stagionale dell'impianto di raffrescamento (compreso l'eventuale controllo dell'umidità): ---;

$\eta_{C,limite}$ : efficienza media stagionale dell'impianto di raffrescamento calcolato nell'edificio di riferimento (compreso l'eventuale controllo dell'umidità): ---;

- $\eta_W$ : efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria: **0,7776**;

$\eta_{W,limite}$ : efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria calcolato nell'edificio di riferimento: **0,3533**;

Verifica  $\eta_W > \eta_{W,limite}$  **POSITIVA**

### c) Impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria

- tipo collettore: *piano vetrato*
- tipo installazione: *parzialmente integrati*
- tipo supporto: *supporto metallico*
- inclinazione (°) e orientamento: *10° EST-NORD-EST*

Capacità accumulo/scambiatore: 750 l

Percentuale di copertura del fabbisogno annuo: 67,21 %

### d) Impianti fotovoltaici

- connessione impianto: *grid connected*
- tipo moduli: *silicio monocristallino*
- tipo installazione: *altro*
- tipo supporto: *supporto metallico*
- inclinazione (°) e orientamento: *10° SUD-OVEST e SUD-EST*
- potenza installata: *24,00 kW*

Percentuale di copertura del fabbisogno annuo: 74,19 %

### e) Consuntivo energia

- energia consegnata o fornita ( $E_{p,del}$ ): 5.239 kWh
- energia rinnovabile ( $E_{p,gl,ren}$ ): 14.694 kWh
- energia esportata ( $E_{p,exp}$ ): 16.333 kWh
- energia rinnovabile in situ: 13.715 kWh
- fabbisogno annuale globale di energia primaria ( $E_{p,gl,tot}$ ): 19.933 kWh

### f) Valutazione della fattibilità tecnica, ambientale ed economica per l'inserimento di sistemi ad alta efficienza

//

## **8. ELEMENTI SPECIFICI CHE MOTIVANO EVENTUALI DEROGHE A NORME FISSATE DALLA NORMATIVA VIGENTE**

//

## **9. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA**

- ☐ Piante di ciascun piano degli edifici con orientamento e indicazione d'uso prevalente dei singoli locali e definizione degli elementi costruttivi (vd. tavole progetto esecutivo)
- ☐ Prospetti e sezioni degli edifici con evidenziazione dei sistemi fissi di protezione solare e definizione degli elementi costruttivi
- ☐ Elaborati grafici relativi ad eventuali sistemi solari passivi specificatamente progettati per favorire lo sfruttamento degli apporti solari
- ☐ Schemi funzionali degli impianti contenenti gli elementi di cui all'analoga voce del paragrafo 'Dati relativi agli impianti punto 6.1 lettera 6.1.7' e dei punti 6.2, 6.3, 6.4, 0
- ☒ Tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche, termo igrometriche e della massa efficace dei componenti opachi dell'involucro edilizio con verifica dell'assenza di rischio di formazione di muffe e di condensazioni interstiziali
- ☒ Tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche dei componenti finestrati dell'involucro edilizio e della loro permeabilità all'aria
- ☐ Schede con indicazione della valutazione della fattibilità tecnica, ambientale ed economica per l'inserimento di sistemi alternativi ad alta efficienza

## **10. DICHIARAZIONE DI RISPONDENZA**

Il sottoscritto ING. Stefano Pollero, iscritta all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Vercelli n° iscrizione 798A, essendo a conoscenza delle sanzioni previste dall'articolo 27 della Legge regionale 11 dicembre 2006 n. 24 e s.m.i.

Dichiara sotto la propria personale responsabilità che:

- a) il progetto relativo alle opere di cui sopra è rispondente alle prescrizioni contenute nel decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015;
- b) il progetto relativo alle opere di cui sopra rispetta gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo i principi minimi contenuti nel decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015;
- c) i dati e le informazioni contenuti nella relazione tecnica sono conformi a quanto contenuto o desumibile dagli elaborati progettuali.

La presente relazione tecnica è resa, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'articolo 47 del D.P.R. 445/2000 e dell'articolo 15, comma 1 del D.Lgs 192/2005 così come modificato dall'articolo 12 del D.L 63/2013



## A. CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

### Parete perimetrale portante isolata in Poroton

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m²K]	$\delta$ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Intonaco di calce e gesso	1,50	0,700		1.400	19	0,021
2	Poroton P800	25,00	0,230		820	19	1,087
3	Isolante cellulare additivato grafite	10,00	0,030		18	10	3,333
4	Poroton tramezze	12,00	0,220		750	19	0,545
5	Malta di calce o di calce e cemento	1,50	0,900		1.800	9	0,017
Spessore totale		50,00					

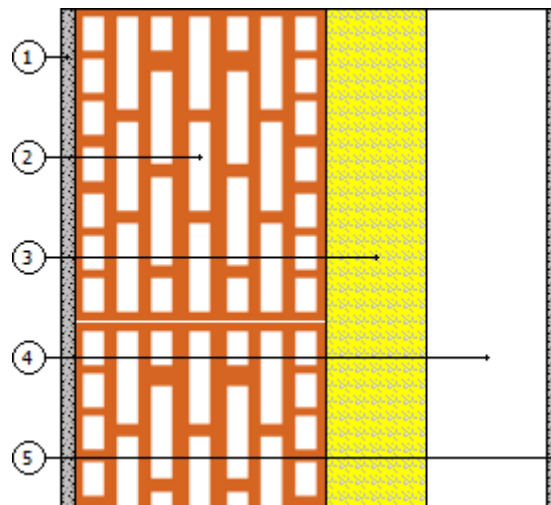
Resistenza superficiale interna 0,130

Resistenza superficiale esterna 0,040

Trasmittanza termica [W/m²K]	0,193	Resistenza termica totale	5,174
------------------------------	-------	---------------------------	-------

Struttura verticale esterna	
Trasmittanza [W/m²K]	0,193
Valore limite [W/m²K]	---
Trasmittanza termica periodica $Y_{IE}$ [W/m²K]	0,009
Valore limite [W/m²K]	0,100
Sfasamento [h]	18,390
Smorzamento	0,048
Capacità termica [kJ/m²K]	44,219

**Massa superficiale:** 296,80 kg/m²



### Divisorio portante isolata in Poroton vs. palestra

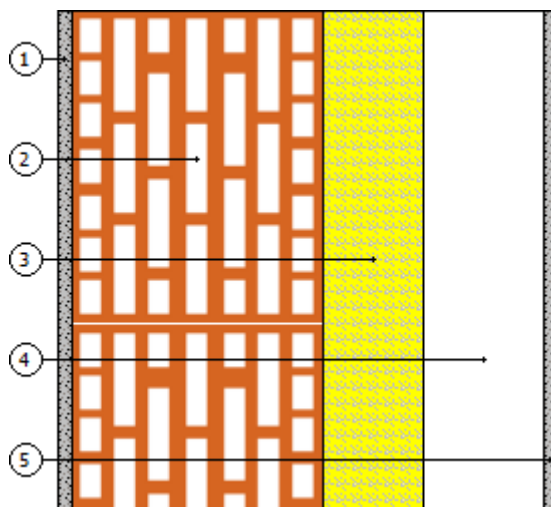
N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m²K]	$\delta$ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Intonaco di calce e gesso	1,50	0,700		1.400	19	0,021
2	Poroton P800	25,00	0,230		820	19	1,087
3	Isolante cellulare additivato grafite	10,00	0,030		18	10	3,333
4	Poroton tramezze	12,00	0,220		750	19	0,545
5	Malta di calce o di calce e cemento	1,50	0,900		1.800	9	0,017
Spessore totale		50,00					

Resistenza superficiale interna	0,130
Resistenza superficiale esterna	0,130

Trasmittanza termica [W/m²K]	0,190	Resistenza termica totale	5,264
------------------------------	-------	---------------------------	-------

Divisorio	
Trasmittanza [W/m²K]	0,190
Valore limite [W/m²K]	0,800
Trasmittanza termica periodica $Y_{IE}$ [W/m²K]	0,007
Valore limite [W/m²K]	---
Sfasamento [h]	19,344
Smorzamento	0,038
Capacità termica [kJ/m²K]	44,222

**Massa superficiale:** 296,80 kg/m²



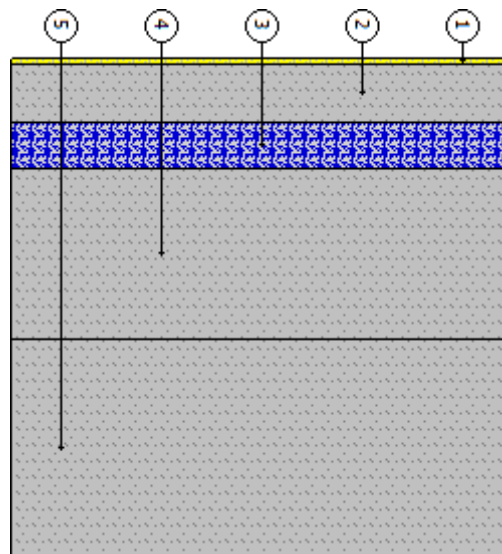
### Basamento contro-terra isolato

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m²K]	$\delta$ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Pavimentazione interna - gres	1,20	1,470		1.700	28	0,008
2	Massetto in calcestruzzo ordinario (1700 kg/m³)	10,00	1,060		1.700	2	0,094
3	Polistirene espanso estruso per applicaz. a pavim.	8,00	0,034		30	3	2,353
4	Calcestruzzo (1800 kg/m³) - Media densità	30,00	1,150		1.800	2	0,261
5	Ghiaia grossa senza argilla con umidità del 5%	38,00	1,200		1.700	39	0,317
Spessore totale		87,20					

		Resistenza superficiale interna	0,170
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,308	Resistenza termica totale	3,243

Basamento	
Trasmittanza [W/m²K]	0,308
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]	0,248
Valore limite [W/m²K]	---
Trasmittanza termica periodica $Y_{ie}$ [W/m²K]	0,002
Valore limite [W/m²K]	0,180
Sfasamento [h]	24,804
Smorzamento	0,005
Capacità termica [kJ/m²K]	63,147

**Massa superficiale:** 1.378,80 kg/m²



## Copertura

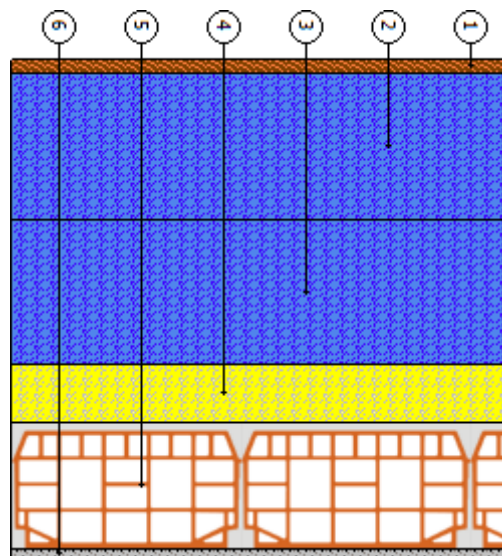
N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m²K]	$\delta$ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Pannello di lamiera con isolante	3,00		0,454	1.200	32	2,203
2	Aria intercapedine flusso ascendente 300 mm	30,00		6,123	1	193	0,163
3	Aria intercapedine flusso ascendente 300 mm	30,00		6,123	1	193	0,163
4	Isolante cellulare additivato grafite	12,00	0,030		18	10	4,000
5	Soletta (blocchi in laterizio + travetti in calcestruzzo) 240 + malta di cemento 20	26,00		2,857	985	21	0,350
6	Malta di calce o di calce e cemento	2,00	0,900		1.800	9	0,022
Spessore totale		103,00					

Resistenza superficiale interna	0,100
Resistenza superficiale esterna	0,040

Trasmittanza termica [W/m²K]	0,142	Resistenza termica totale	7,042
------------------------------	-------	---------------------------	-------

Copertura	
Trasmittanza [W/m²K]	0,142
Valore limite [W/m²K]	---
Trasmittanza termica periodica $Y_{IE}$ [W/m²K]	0,007
Valore limite [W/m²K]	0,180
Sfasamento [h]	18,164
Smorzamento	0,047
Capacità termica [kJ/m²K]	69,536

**Massa superficiale:** 295,00 kg/m²



## B. CHIUSURE TECNICHE

### B.1. Caratteristiche termiche delle chiusure tecniche trasparenti

Descrizione	$A_g$ m <sup>2</sup>	$A_f$ m <sup>2</sup>	$l_g$ m	$U_g$ W/m <sup>2</sup> K	$U_f$ W/m <sup>2</sup> K	$\Psi$ W/mK	$U_w$ W/m <sup>2</sup> K	$U_{w,corr}$ W/m <sup>2</sup> K	$U_{lim}$ W/m <sup>2</sup> K	Classe perm.
Fin 80x70	0,35	0,21	2,36	1,40	---	---	1,30	1,20	---	4
Fin 100x100	0,71	0,29	3,36	1,40	---	---	1,30	1,20	---	4
Fin 100x100+60	1,14	0,46	6,08	1,40	---	---	1,30	1,20	---	4
Fin 120x210+60	2,56	0,68	9,08	1,40	---	---	1,30	1,20	---	4
Fin 200x100	1,41	0,59	6,72	1,40	---	---	1,30	1,20	---	4

### B.2. Fattore di trasmissione solare totale

Descrizione	Orientamento	$g_{gl+sh}$ [-]	$g_{gl+sh,lim}$ [-]
Fin 80x70	Verticale	0,12	0,35
Fin 100x100	Verticale	0,12	0,35

#### Legenda

$A_g$	Area del vetro
$A_f$	Area del telaio
$l_g$	Perimetro della superficie vetrata
$U_g$	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
$U_f$	Trasmittanza termica del telaio
$\Psi$	Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
$U_w$	Trasmittanza termica totale del serramento
$U_{w,corr}$	Trasmittanza termica ridotta del serramento comprensiva delle chiusure opache
$U^*$	Trasmittanza comprensiva dell'effetto degli ambienti adiacenti (da confrontare con il limite)
$U_{lim}$	Trasmittanza limite
$g_{gl+sh}$	Fattore di trasmissione solare totale
$g_{gl+sh,lim}$	Fattore di trasmissione solare totale limite

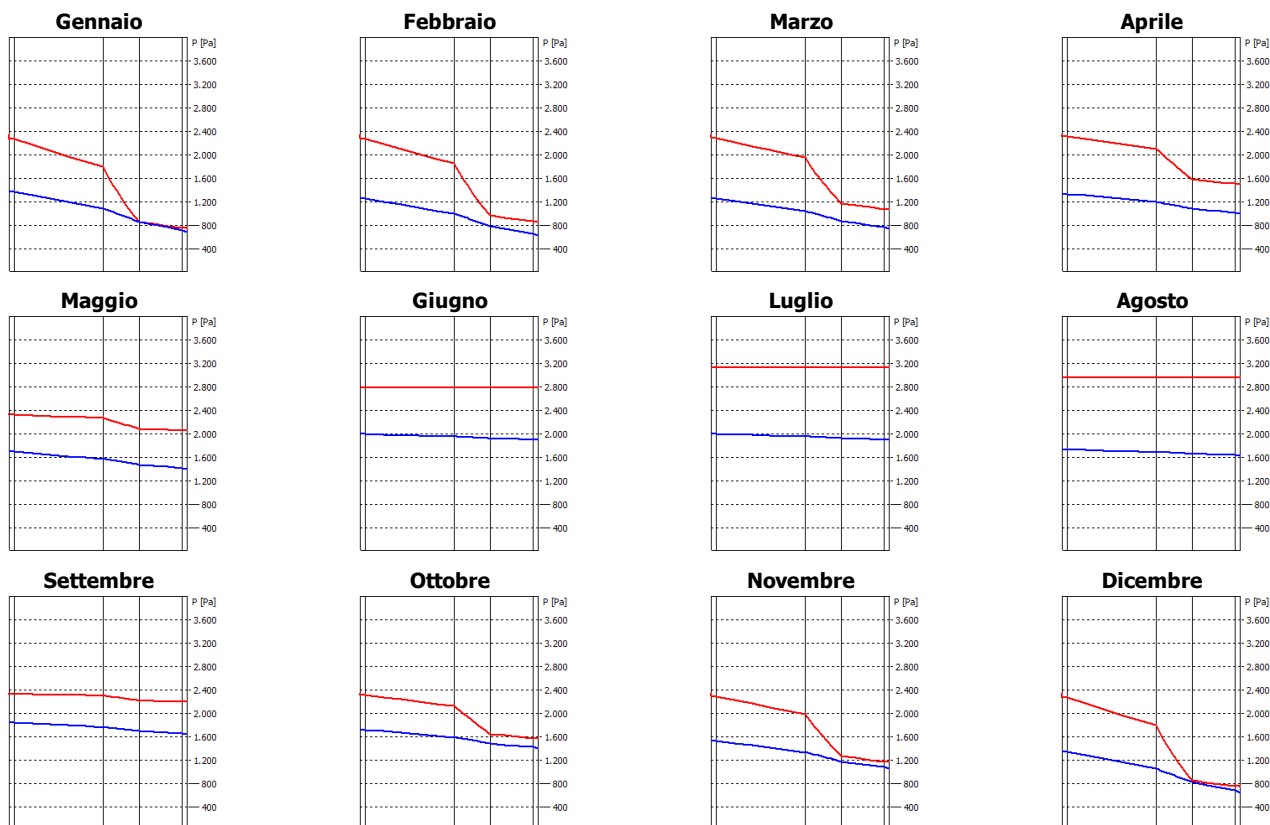
## C. VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il calcolo delle pressioni parziali di vapore è effettuato secondo il criterio delle classi di concentrazione

### Parete perimetrale portante isolata in Poroton

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	$\mu$	Spessore [cm]	R [m²K/W]
1	Intonaco di calce e gesso	10,0	1,50	0,021
2	Poroton P800	10,0	25,00	1,087
3	Neopor NEO B 030 T100	20,0	10,00	3,333
4	Poroton tramezze	10,0	12,00	0,545
5	Malta di calce o di calce e cemento	22,0	1,50	0,017
Resistenza superficiale interna				0,130
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				5,174

Mese	T <sub>i</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [°C]	P <sub>e</sub> [Pa]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>si,min</sub> [°C]	f <sub>Rs,min</sub>	g <sub>c</sub> [kg/m²]	M <sub>a</sub> [kg/m²]
Gennaio	20,0	1.392	2,8	683	19,2	15,3	0,7276	0,0000	0,0000
Febbraio	20,0	1.271	4,7	629	19,3	13,9	0,6013	0,0000	0,0000
Marzo	20,0	1.271	7,9	743	19,4	13,9	0,4956	0,0000	0,0000
Aprile	20,0	1.344	13,0	997	19,7	14,8	0,2501	0,0000	0,0000
Maggio	18,0	1.501	17,9	1.401	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Giugno	22,8	1.996	22,8	1.896	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Luglio	24,8	1.998	24,8	1.898	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Agosto	23,8	1.733	23,8	1.633	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Settembre	19,0	1.745	19,0	1.645	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Ottobre	20,0	1.727	13,7	1.405	19,7	18,7	0,7970	0,0000	0,0000
Novembre	20,0	1.541	9,2	1.059	19,5	16,9	0,7139	0,0000	0,0000
Dicembre	20,0	1.359	2,7	646	19,2	14,9	0,7074	0,0000	0,0000



f<sub>Rs</sub> Struttura: 0,9528

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

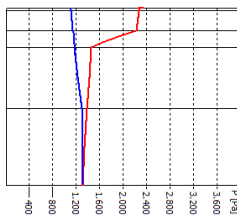
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

## Basamento contro-terra isolato

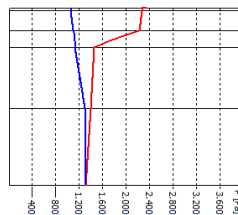
N	Descrizione dall'alto verso il basso	$\mu$	Spessore [cm]	R [m²K/W]
1	Pavimentazione interna - gres	7,0	1,20	0,008
2	Massetto in calcestruzzo ordinario (1700 kg/m³)	100,0	10,00	0,094
3	Polistirene espanso estruso, con pelle (30 kg/m³)	60,0	8,00	2,353
4	Calcestruzzo (1800 kg/m³) - Media densità	100,0	30,00	0,261
5	Ghiaia grossa senza argilla con umidità del 5%	5,0	38,00	0,317
Resistenza superficiale interna				0,170
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale			87,20	3,243

Mese	T <sub>i</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [°C]	P <sub>e</sub> [Pa]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>si,min</sub> [°C]	f <sub>Rsi,min</sub>	g <sub>c</sub> [kg/m²]	M <sub>a</sub> [kg/m²]
Gennaio	20,0	1.107	10,9	1.301	19,3	11,8	0,1019	0,0000	0,0000
Febbraio	20,0	1.052	10,9	1.304	19,3	11,0	0,0134	0,0000	0,0000
Marzo	20,0	1.139	11,6	1.369	19,4	12,2	0,0715	0,0000	0,0000
Aprile	20,0	1.349	12,9	1.485	19,5	14,8	0,2755	0,0000	0,0000
Maggio	18,0	1.501	14,4	1.638	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Giugno	22,8	1.996	17,4	1.984	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Luglio	24,8	1.998	19,7	2.298	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Agosto	23,8	1.733	20,3	2.377	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Settembre	19,0	1.745	18,8	2.168	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Ottobre	20,0	1.606	17,2	1.956	19,8	17,6	0,1430	0,0000	0,0000
Novembre	20,0	1.333	15,1	1.717	19,6	14,6	0,0000	0,0000	0,0000
Dicembre	20,0	981	13,4	1.534	19,5	10,0	0,0000	0,0000	0,0000

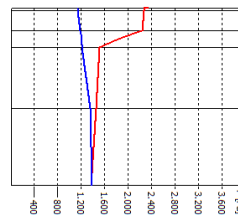
**Gennaio**



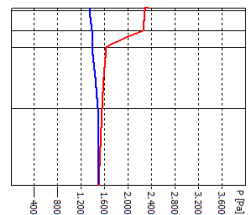
**Febbraio**



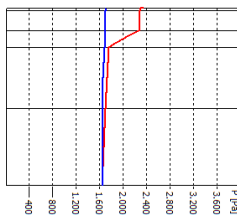
**Marzo**



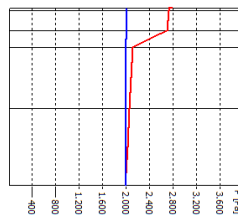
**Aprile**



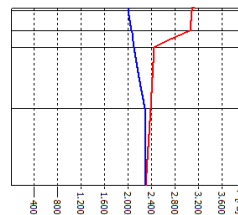
**Maggio**



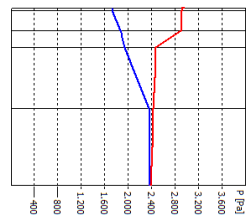
**Giugno**



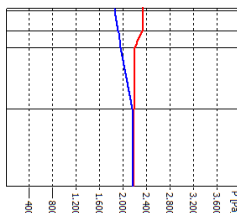
**Luglio**



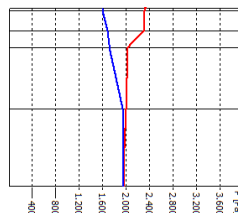
**Agosto**



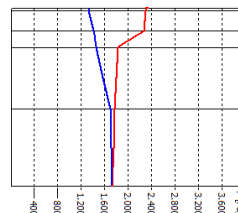
**Settembre**



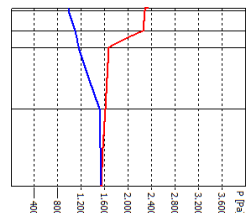
**Ottobre**



**Novembre**



**Dicembre**



**f<sub>Rsi</sub> Struttura: 0,9248**

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

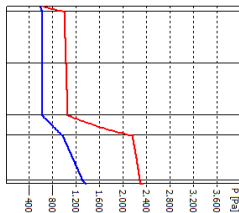
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

## Copertura

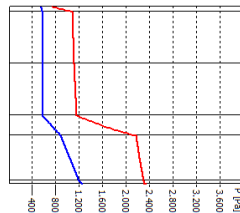
N	Descrizione dall'alto verso il basso	$\mu$	Spessore [cm]	R [m²K/W]
1	ISOCOPPO PIANO 30mm	6,0	3,00	2,203
2	Aria intercapedine flusso ascendente 300 mm	1,0	30,00	0,163
3	Aria intercapedine flusso ascendente 300 mm	1,0	30,00	0,163
4	Neopor NEO B 030 T100	20,0	12,00	4,000
5	Soletta (blocchi in laterizio + travetti in calcestruzzo) 240 + malta di cemento 20	9,0	26,00	0,350
6	Malta di calce o di calce e cemento	22,0	2,00	0,022
Resistenza superficiale interna				0,100
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale			103,00	7,042

Mese	T <sub>i</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [°C]	P <sub>e</sub> [Pa]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>si,min</sub> [°C]	f <sub>Rsi,min</sub>	g <sub>c</sub> [kg/m²]	M <sub>a</sub> [kg/m²]
Gennaio	20,0	1.372	0,8	592	19,3	15,1	0,7442	0,0000	0,0000
Febbraio	20,0	1.259	2,7	546	19,4	13,8	0,6392	0,0000	0,0000
Marzo	20,0	1.247	5,9	647	19,5	13,6	0,5462	0,0000	0,0000
Aprile	20,0	1.292	11,0	874	19,7	14,2	0,3492	0,0000	0,0000
Maggio	18,0	1.334	15,9	1.234	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Giugno	20,8	1.778	20,8	1.678	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Luglio	22,8	1.783	22,8	1.683	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Agosto	21,8	1.547	21,8	1.447	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Settembre	18,0	1.551	17,0	1.451	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Ottobre	20,0	1.626	11,7	1.232	19,7	17,8	0,7293	0,0000	0,0000
Novembre	20,0	1.478	7,2	925	19,6	16,3	0,7068	0,0000	0,0000
Dicembre	20,0	1.344	0,7	560	19,3	14,8	0,7286	0,0000	0,0000

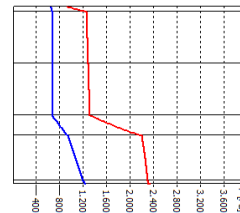
**Gennaio**



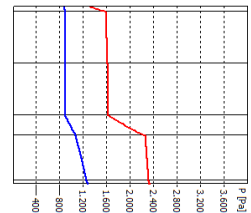
**Febbraio**



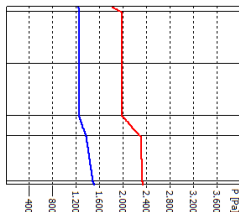
**Marzo**



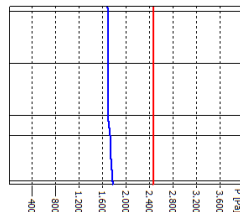
**Aprile**



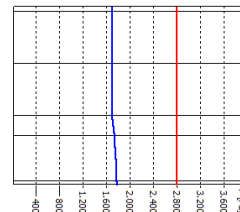
**Maggio**



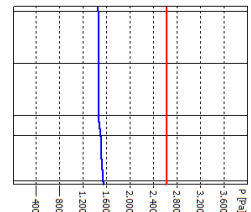
**Giugno**



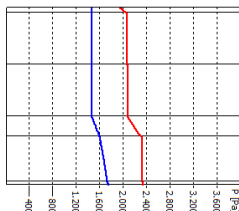
**Luglio**



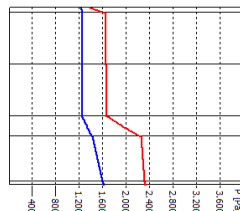
**Agosto**



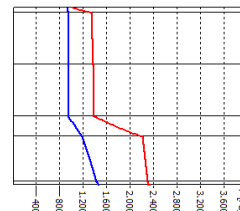
**Settembre**



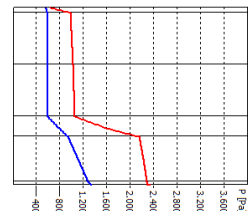
**Ottobre**



**Novembre**



**Dicembre**



f<sub>Rsi</sub> Struttura: 0,9652

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.



---

## Calcolo del flusso e della trasmittanza lineica di ponti termici Verifica rischio formazione muffe

---

### Calcolo numerico dell'energia trasmessa attraverso le strutture edilizie interessate da ponti termici e verifica del rischio di formazione delle muffe.

La valutazione deriva da una simulazione numerica agli elementi finiti; in questo modo vengono calcolati ed elencati i flussi termici su ogni elemento e il flusso termico totale, le temperature interne e le temperature superficiali, le trasmittanze termiche dei singoli elementi, il coefficiente di accoppiamento termico e la trasmittanza termica lineica del ponte termico.

Per la valutazione del rischio di formazione delle muffe viene evidenziata la minima temperatura superficiale sulla faccia interna, la temperatura critica, il fattore di temperatura critico  $f_{RSi,max}$  e il mese critico.

Alla fine del calcolo viene evidenziato se il ponte termico è corretto e se il ponte termico è soggetto o no al rischio di formazione delle muffe.

### Metodologia di calcolo

---

Il metodo di calcolo agli elementi finiti, secondo quanto previsto dalla norma **UNI EN ISO 10211**, permette di ricavare le trasmittanze termiche lineari e le temperature superficiali.

Si basa sui seguenti presupposti:

- tutte le proprietà fisiche sono indipendenti dalla temperatura;
- non ci sono sorgenti di calore all'interno dell'elemento edilizio.

Il metodo numerico utilizzato è validato secondo quanto previsto dall'*Appendice A* della norma stessa, in quanto:

- a) fornisce le temperature e i flussi termici;
- b) consente di calcolare le temperature ed i flussi termici in posizioni diverse da quelle indicate nella norma la suddivisione in nodi;
- c) calcola la somma dei valori assoluti di tutti i flussi termici due volte, per  $n$  nodi (o celle) e per  $2n$  nodi (o celle). La differenza tra questi due risultati è sempre minore dell'1%;
- d) itera il calcolo fino a quando la somma di tutti i flussi termici (positivo e negativo) entranti nell'oggetto, divisa per la metà della somma dei valori assoluti di tutti questi flussi termici, è minore di 0,0001.

Il rischio di formazione di muffe è valutato con la **UNI EN ISO 13788**.

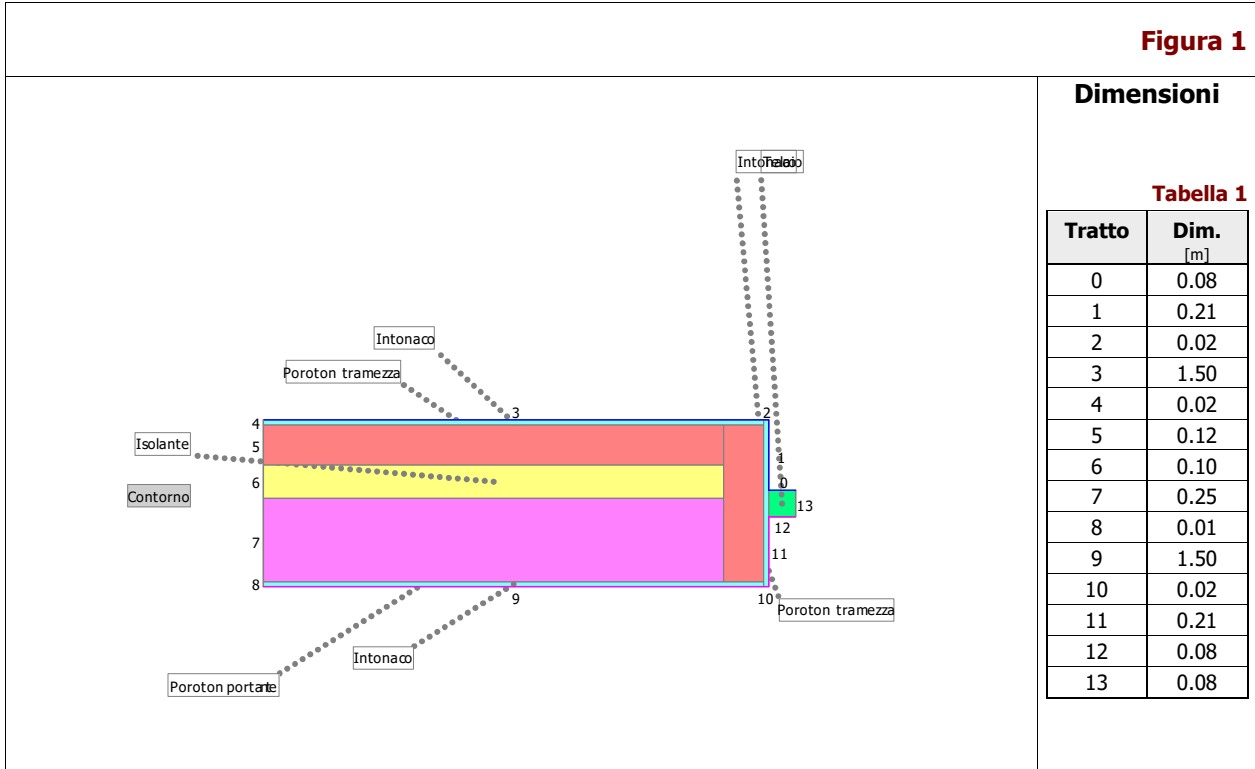
---

# PONTE TERMICO PARETE-SERRAMENTO

## Dimensioni geometriche

Nella figura seguente è riportato lo schema geometrico del ponte termico nel quale sono rappresentate le dimensioni, la forma e le stratigrafie dei materiali che lo compongono; ogni diverso segmento di confine è contrassegnato da un’etichetta numerata.

Nella tabella a destra sono riportate le dimensioni, espresse in m, di tutti i tratti di confine contrassegnati dalle etichette.



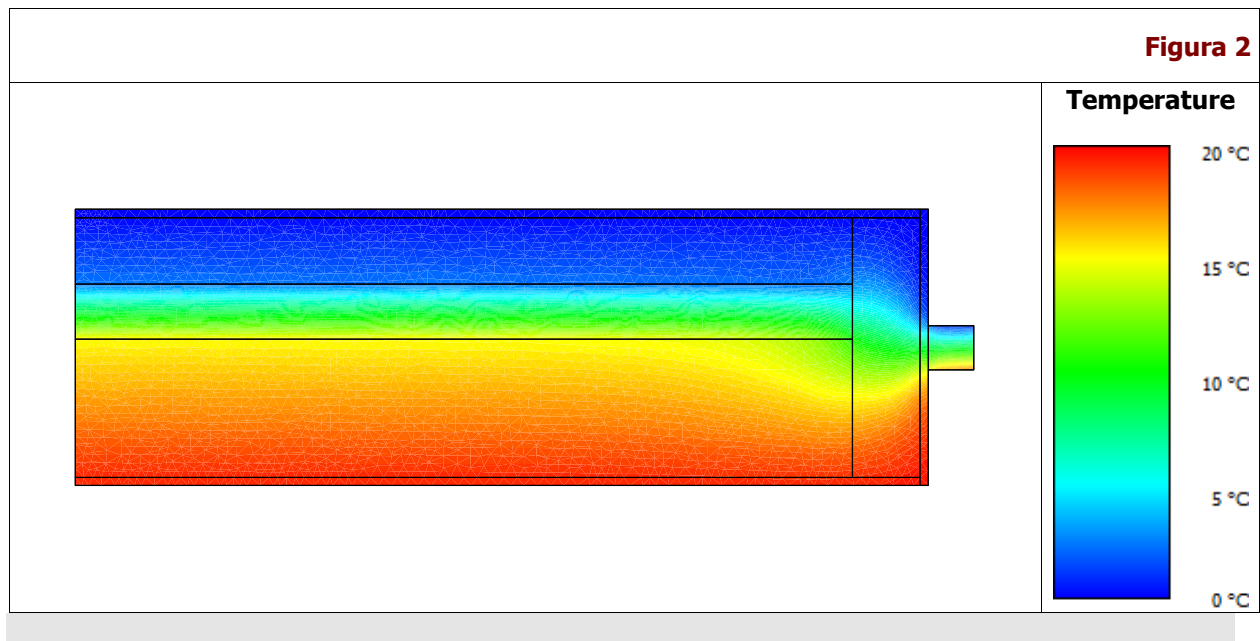
## Curve di temperatura

La figura 2 riporta la rappresentazione delle curve di livello del ponte termico calcolato.

Nella tabella sulla destra è riportata la scala cromatica relativa all'intervallo di temperatura definito sul contorno.

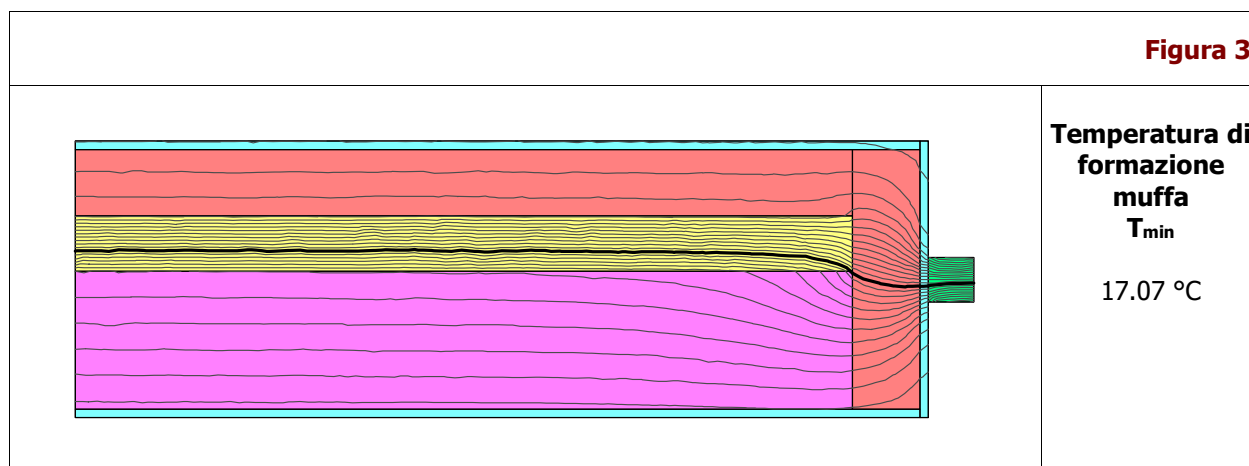
Le temperature minime e massime fanno riferimento alle temperature calcolate sulle facce, al confine con l'ambiente interno e quello esterno, tenendo conto anche dello scambio termico convettivo.

Le curve sono definite con un passo di 0.25 °C.



## Isoterme

La figura 3 riporta le isoterme utilizzate per il calcolo della temperatura minima sulle superfici interne.  
In grassetto la temperatura di formazione della muffa.



## Condizioni al contorno

Nella tabella seguente sono riportati i dati di temperatura e umidità relativa, delle zone utilizzate nel calcolo del flusso termico e del rischio di formazione delle muffe.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<b>ESTERNO</b>												
<b>T[°C]</b>	2.8	4.7	7.9	13.0	17.9	22.8	24.8	23.8	19.0	13.7	9.2	2.7
<b>UR[%]</b>	91.2	73.5	69.6	66.4	68.2	68.2	60.6	55.3	74.8	89.5	90.9	86.9
<b>INTERNO (rispetto al quale si calcola il PT)</b>												
<b>T[°C]</b>	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	22.8	24.8	23.8	19.0	20.0	20.0	20.0
<b>UR[%]</b>	39.7	36.7	40.4	49.4	73.5	71.8	63.8	58.7	79.7	66.6	53.4	38.1

## Caratteristiche termiche materiali

Nella tabella seguente è proposto l'elenco di tutti i materiali utilizzati per la struttura del ponte con il relativo valore di conducibilità termica.

**Tabella 3**

<b>Materiale</b>	<b>Conducibilità termica</b> [W/mK]
Poroton portante	0.2300
Poroton tramezza	0.2200
Isolante	0.0300
Intonaco	0.7000
Telaio	0.1040

## Caratteristiche terreno

La tabella seguente riporta le caratteristiche del TERRENO, se presente.

La valutazione del coefficiente di scambio termico dei pavimenti su terreno è fatta in accordo alla *UNI EN ISO 13370*.

**Tabella 4**

<b>Descrizione</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Valore</b>	<b>Unità di misura</b>
Conducibilità termica	k	1.5000	[W/mK]
Dimensione caratteristica	B'	0.00	[m]
Spessore equivalente	dt	0.00	[m]
Trasmittanza equivalente del pavimento	Ug	0.0000	[W/m²K]

Dimensione caratteristica  $B' = (2 * \text{Area pavimento}) / \text{Perimetro pavimento}$

## Flussi termici

Nella tabella seguente, per ogni confine del ponte termico, viene visualizzato il flusso termico con la zona di confine e l'adduttanza relativa di ogni faccia.

**Tabella 5**

Facciata	Zona associata	Flusso [W/m]	Adduttanza [W/m <sup>2</sup> K]
0	ESTERNO	-2.26	25.0
1	ESTERNO	-2.90	25.0
2	ESTERNO	-0.01	25.0
3	ESTERNO	-5.55	25.0
9	INTERNO (rispetto al quale si calcola il PT)	6.15	7.7
10	INTERNO (rispetto al quale si calcola il PT)	0.03	7.7
11	INTERNO (rispetto al quale si calcola il PT)	2.57	7.7
12	INTERNO (rispetto al quale si calcola il PT)	1.97	7.7

## Risultati finali - Calcolo della trasmittanza termica lineica

Nella tabella finale sono riportati i valori di calcolo relativi alla struttura completa.

Il risultato della simulazione numerica è il flusso termico (**F**) che attraversa la struttura, espresso in W/m, dovuto alla differenza di temperatura fra l'ambiente INTERNO e l'ambiente ESTERNO.

Il flusso termico equivalente (**F<sub>spt</sub>**), espresso sempre in W/m, relativo alla struttura senza ponte termico, è stato valutato facendo riferimento alla stessa differenza di temperatura fra interno ed esterno e alla lunghezza equivalente (**L**) definita per il confronto.

Dalla differenza fra questi due valori vengono calcolati la trasmittanza termica lineica (**k<sub>l</sub>**) e il coefficiente di accoppiamento (**L<sub>2D</sub>**).

**Tabella 6**

U [W/m <sup>2</sup> K]	Lungh. associata [m]
0.19	1.50
1.06	0.08

**Tabella 7**

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	k <sub>l</sub>	0.16	[W/mK]
Flusso termico totale	F	10.72	[W/m]
Coefficiente di accoppiamento	L <sub>2D</sub>	0.54	[W/mK]
Lunghezza equivalente	L	1.58	[m]
Flusso termico (senza ponte termico)	F <sub>spt</sub>	7.50	[W/m]

## Verifica rischio formazione muffe

Nella tabella finale sono riportati i valori mensili per la valutazione del mese critico, del fattore di temperatura critico e della temperatura critica, come previsto dalla **UNI EN ISO 13788**.

<b>Fattore di temperatura critico (*1)</b>	$f_{RSi,max}$	[-]	0.54
<b>Temperatura formazione muffa (*1)</b>	$T_{min}$	[°C]	17.07

Dalla valutazione risulta:

- mese critico (\*1): **Ottobre**
- temperatura minima sulla faccia interna (\*1): **18.29°C**

**Il ponte termico non è soggetto a rischio di formazione muffe.**

	<i>condizioni esterne</i>		<i>condizioni interne</i>						
	$T_e$	$\Phi_e$	$T_i$	$\Phi_i$	$p_{sat}(\theta_i)$	$p_i$	$p_{sat}(\theta_{si})$	$T_{si,min}$	$f_{RSi}$
<b>Gen</b>	2.8	91.2%	20.0	39.7%	2337	928	1160	9.16	0.37
<b>Feb</b>	4.7	73.5%	20.0	36.7%	2337	858	1072	8	0.22
<b>Mar</b>	7.9	69.6%	20.0	40.4%	2337	944	1180	9.42	0.13
<b>Apr</b>	13.0	66.4%	20.0	49.4%	2337	1154	1443	12.44	-0.08
<b>Mag</b>	17.9	68.2%	18.0	73.5%	2063	1516	1895	16.66	-12.41
<b>Giu</b>	22.8	68.2%	22.8	71.8%	2774	1992	2490	21.03	0
<b>Lug</b>	24.8	60.6%	24.8	63.8%	3128	1996	2495	21.06	0
<b>Ago</b>	23.8	55.3%	23.8	58.7%	2947	1730	2162	18.75	0
<b>Set</b>	19.0	74.8%	19.0	79.7%	2196	1750	2188	18.94	0
<b>Ott</b>	13.7	89.5%	20.0	66.6%	2337	1556	1946	17.07	0.54
<b>Nov</b>	9.2	90.9%	20.0	53.4%	2337	1248	1560	13.63	0.41
<b>Dic</b>	2.7	86.9%	20.0	38.1%	2337	890	1113	8.55	0.34

#### LEGENDA

$T_e$	Temperatura esterna media mensile	[°C]
$\Phi_e$	Umidità relativa esterna media mensile	[%]
$T_i$	Temperatura interna media mensile	[°C]
$\Phi_i$	Umidità relativa interna media mensile	[%]
$p_{sat}(\theta_i)$	Pressione di saturazione interna	[Pa]
$p_i$	Pressione di vapore interna	[Pa]
$p_{sat}(\theta_{si})$	Pressione di saturazione interna minima accettabile	[Pa]
$T_{si,min}$	Temperatura superficiale minima accettabile	[°C]
$f_{RSi}$	Fattore di temperatura	[-]