

## Comune di Empoli (FI)

**Lavori di ristrutturazione dell'asilo nido "Stacciaburatta" mediante parziale demolizione e nuova costruzione.**

**CIG 8704808ACC - CUP C73H19000750002**

**Responsabile Unico del procedimento:** Geom. Ugo Reali



APRILE 2022

## PROGETTO DEFINITIVO

**Raggruppamento temporaneo di professionisti:**

**Coordinatore gruppo progettazione, Responsabile dell'integrazione delle prestazioni; Progettista opere architettoniche, Progettista opere strutturali, Direttore Operativo Strutturale:**

- Ing. Gianni Stolzuoli

**Progettista e Direttore Operativo Impianti Elettrici, Progettista Impianti Idraulici e Meccanici, Direttore Operativo Impianti Meccanici e Idraulici e Coordinamento della Sicurezza:**

- Ing. Mauro Paci

**Progettista opere architettoniche, Progettista opere strutturali:**

- Arch. Elena Rionda

**Tecnico competente in acustica ambientale:**

- Dott. P.I. Daniele Severi

**Geologa:**

- Geo. Benedetta Chiodini

**Progettazione impianti idraulici e Meccanici, Tecnico Abilitato Antincendio:**

- Ing. Riccardo Valdarnini

**Giovane Professionista Collaboratore alla progettazione architettonica:**

- Ing. Niccolò Stolzuoli

**Elaborato:**  
**EMP\_D\_ITF\_008**

**RELAZIONE TECNICA**  
**AI SENSI DEL C.1 ART. 8 D.LGS 192/2005**

# ALLEGATO 1

## **RELAZIONE TECNICA DI CUI AL COMMA 1 DELL'ARTICOLO 8 DEL DECRETO LEGISLATIVO 19 AGOSTO 2005, N. 192, ATTESTANTE LA RISPONDENZA ALLE PRESCRIZIONI IN MATERIA DI CONTENIMENTO DEL CONSUMO ENERGETICO DEGLI EDIFICI**

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

Un edificio esistente è sottoposto a ristrutturazione importante di primo livello quando l'intervento ricade nelle tipologie indicate al paragrafo 1.4.1, comma 3, lettera a) dell'Allegato 1 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005.

***Il seguente schema di 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 all'applicazione integrale del decreto legislativo 192/2005.***

## 1. INFORMAZIONI GENERALI

Comune di Empoli

Provincia Firenze

Progetto per la realizzazione di Asilo Nido

Edificio pubblico                      <X> sì                      <> no

Edificio a uso pubblico              <X> sì                      <> no

Sito in Stacciaburatta (FI)

Classificazione dell'edificio (o del complesso di edifici) in base alla categoria di cui al punto 1.2 dell'allegato 1 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005;

E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche e assimilabili

Numero delle unità immobiliari 1

Committente(i): Comune di Empoli

Progettista(i) degli impianti di climatizzazione (invernale ed estiva - specificare se differenti), dell'isolamento termico e del sistema di ricambio dell'aria dell'edificio: Ing. Mauro Paci

Direttore(i) dei lavori degli impianti di climatizzazione (invernale ed estiva - specificare se differenti), dell'isolamento termico e del sistema di ricambio dell'aria dell'edificio: N.D.

Progettista(i) dei sistemi di illuminazione dell'edificio: Ing. Mauro Paci

Direttore(i) dei lavori dei sistemi di illuminazione dell'edificio: N.D.

Tecnico incaricato per la redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica (APE): N.D.

## 2. FATTORI TIPOLOGICI DELL'EDIFICIO (O DEL COMPLESSO DI EDIFICI)

Gli elementi tipologici da fornire, al solo scopo di supportare la presente relazione tecnica, sono costituiti dai primi tre allegati obbligatori di cui al punto 8 della presente relazione.

## 3. PARAMETRI CLIMATICI DELLA LOCALITA'

Gradi giorno (della zona d'insediamento, determinati in base al DPR 412/93) GG: 1,658

Temperatura minima di progetto (dell'aria esterna secondo norma UNI 5364 e successivi aggiornamenti) °C: 0.16

Temperatura massima estiva di progetto dell'aria esterna secondo norma °C : 32.67

### DATI CLIMATICI

Provincia		Firenze
Comune		Empoli
Latitudine nord		43.71
Zona climatica		D
Gradi giorno		1,658
Altezza sul livello del mare	[m]	28
Temperatura esterna di progetto invernale	[°C]	0.16
Conduttività termica del terreno	[W/(m·K)]	2.00
Velocità del vento	[m/s]	1.80

### RIEPILOGO DATI MENSILI

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura media giornaliera dell'aria esterna	[°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
Temperatura esterna media annuale	[°C]						15.23						
Irradiazione solare diffusa, H <sub>dh</sub>	[MJ/m <sup>2</sup> ]	2.20	3.40	5.50	7.20	8.70	9.90	9.60	8.00	6.10	4.10	2.40	1.60
Irradiazione solare diretta, H <sub>bh</sub>	[MJ/m <sup>2</sup> ]	3.50	5.80	7.20	8.70	11.90	14.10	14.90	13.60	9.50	5.80	4.30	3.00
Irradiazione solare su superficie orizzontale	[MJ/m <sup>2</sup> ]	5.70	9.20	12.70	15.90	20.60	24.00	24.50	21.60	15.60	9.90	6.70	4.60
Irradiazione solare su superficie verticale, S	[MJ/m <sup>2</sup> ]	11.25	13.27	11.87	10.10	10.10	10.50	11.12	12.17	12.67	12.09	12.48	10.48
Irradiazione solare su superficie verticale, SO-SE	[MJ/m <sup>2</sup> ]	8.71	11.02	11.29	11.22	12.39	13.34	14.08	14.40	12.89	10.49	9.77	7.94
Irradiazione solare su superficie verticale, E-O	[MJ/m <sup>2</sup> ]	4.79	7.24	9.13	10.73	13.39	15.32	15.81	14.51	11.06	7.48	5.59	4.04
Irradiazione solare su superficie verticale, NO-NE	[MJ/m <sup>2</sup> ]	1.93	3.50	5.74	8.00	11.00	13.19	13.23	10.92	7.21	4.09	2.28	1.42
Irradiazione solare su superficie verticale, N	[MJ/m <sup>2</sup> ]	1.67	2.63	4.03	5.56	8.14	10.29	9.92	7.25	4.64	3.05	1.88	1.26
Pressione parziale del vapore d'acqua nell'aria esterna	[Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849

#### 4. DATI TECNICI E COSTRUTTIVI DELL'EDIFICIO (O DEL COMPLESSO DI EDIFICI) E DELLE RELATIVE STRUTTURE

##### Climatizzazione invernale

Volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano (V)	m <sup>3</sup>	3,449.37
Superficie disperdente che delimita il volume climatizzato (S)	m <sup>2</sup>	1,551.70
Rapporto S/V	l/m	0.4499
Superficie utile climatizzata dell'edificio	m <sup>2</sup>	733.55
Valore di progetto della temperatura interna invernale	°C	20
Valore di progetto dell'umidità relativa interna invernale	%	65
Presenza sistema di contabilizzazione del calore	◇ sì	<X> no

##### Climatizzazione estiva

Non presente

## Informazioni generali e prescrizioni

Presenza di reti di teleriscaldamento/raffreddamento a meno di 1000 m	<input type="checkbox"/> sì	<input checked="" type="checkbox"/> no
Livello di automazione per il controllo la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici (BACS), classe: N.D.		
Adozione di materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture	<input checked="" type="checkbox"/> sì	<input type="checkbox"/> no
Valore di riflettanza solare > 0.65 per coperture piane		
Adozione di tecnologie di climatizzazione passiva per le coperture	<input type="checkbox"/> sì	<input checked="" type="checkbox"/> no
Adozione di misuratori d'energia (Energy Meter)	<input type="checkbox"/> sì	<input checked="" type="checkbox"/> no
Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta del calore	<input type="checkbox"/> sì	<input checked="" type="checkbox"/> no
Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta del freddo	<input type="checkbox"/> sì	<input checked="" type="checkbox"/> no
Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta dell'A.C.S.	<input type="checkbox"/> sì	<input checked="" type="checkbox"/> no

### Trattasi di impianto a servizio di unica unità immobiliare

Utilizzazione di fonti di energia rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento secondo i principi minimi di integrazione, le modalità e le decorrenze di cui all'allegato 3, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

### *Produzione di energia termica*

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

- acqua calda sanitaria (%): 89.99
- acqua calda sanitaria, climatizzazione invernale, climatizzazione estiva (%): 79.45

### *Produzione di energia elettrica*

Indicare la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili:

- superficie in pianta dell'edificio a livello del terreno S (mq): 900.6
- potenza elettrica minima  $P=(1/K)*S$  : 19.81 kW

Descrizione e potenza degli impianti alimentati da fonti rinnovabili:

Riscaldamento tramite impianto a pannelli radianti con produzione acqua calda tecnica con pompa di calore.

Produzione di ACS tramite pompa di calore.

Installazione di impianto fotovoltaico sulla copertura di 21.08 kWp

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

Adozione sistemi di compensazione climatica nella 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:

Tutti gli infissi ad esclusione di quelli nella corte interna saranno dotati di tapparelle

Verifiche di cui alla lettera b) del punto 3.3.4 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005

Tutte le pareti opache verticali ad eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest/nord/nord-est:

Valore della massa superficiale parete  $M_s$ :  $> 230 \text{ kg/mq}$

Valore del modulo della trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$   $< 0,10 \text{ W/m}^2\text{°K}$

Tutte le pareti opache verticali ed orizzontali:

Valore del modulo della trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$   $< 0,18 \text{ W/m}^2\text{°K}$

Verifiche di cui alla lettera c) del punto 3.3.4 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005

Vedi allegati

## 5. DATI RELATIVI AGLI IMPIANTI

### 5.1 Impianti termici

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

#### a) Descrizione impianto

Tutte le zone dell'edificio saranno riscaldate tramite un impianto a pannelli radianti alimentato da una pompa di calore aria-acqua da 48.6 kWt.

La produzione di acqua calda sanitaria sarà ottenuta tramite una pompa di calore aria-acqua da 2.2 kWt.

Trattamento di condizionamento chimico per l'acqua (norma UNI 8065)      ☒ sì      ☐ no

Durezza totale dell'acqua di alimentazione dei generatori di calore per potenza installata maggiore o uguale a 100 kW gradi francesi

Filtro di sicurezza      ☒ sì      ☐ no

#### b) Specifiche dei generatori di energia

Installazione di un contatore del volume di acqua calda sanitaria      ☐ sì      ☒ no

Installazione di un contatore del volume di acqua di reintegro dell'impianto      ☐ sì      ☒ no

**Pompa di calore riscaldamento:**      ☒ elettrica      ☐ a gas

Tipo di pompa di calore : Aria-Acqua

Lato esterno: Aria

Fluido lato utenze : Acqua

Potenza termica utile riscaldamento : 48.6 kWt

Potenza elettrica assorbita: 12.12 kW

Coefficiente di prestazione (COP) : 4.01

**Pompa di calore ACS:**      ☒ elettrica      ☐ a gas

Tipo di pompa di calore : Aria-Acqua

Lato esterno: Aria

Fluido lato utenze : Acqua

Potenza termica utile riscaldamento : 2.2 kWt

Potenza elettrica assorbita: 0,72 kW

#### c) Specifiche relative ai sistemi di regolazione dell'impianto termico

La temperatura sarà regolata tramite sonde ambiente situate in tutti i locali del fabbricato, insieme al sistema di regolazione climatica della pompa di calore.

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

N.P.

#### e) Terminali di erogazione dell'energia termica

Impianto a pannelli radianti (per dettagli vedi tavole allegate al progetto)



**f) Condotti di evacuazione dei prodotti della combustione**

N.P.

**g) Sistemi di trattamento dell'acqua (tipo di trattamento)**

Si prevede di installare un dosatore di polifosfati.

**h) Specifiche dell'isolamento termico della rete di distribuzione**

Isolamento secondo DPR 412/93

**i) Schemi funzionali degli impianti termici**

Vedi tavole allegate al progetto

**5.2 Impianti fotovoltaici**

Impianto fotovoltaico da 21.08 kWp composto da 62 pannelli da 340 kWp installati sulla copertura

**5.3 Impianti solari termici**

N.P.

**5.4 Impianti di illuminazione**

Vedi tavole allegate al progetto

**5.5 Altri impianti**

N.P.

## 6. 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 comma 2, del paragrafo 3.3 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005, secondo i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n.28.

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

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

Verifica termoigrometrica

(Vedi allegati alla presente relazione)

Numeri di ricambi d'aria (media nelle 24 ore) - specificare per le diverse zone:

Saranno installati dei recuperatori di calore ad alta efficienza (min. 78%) a servizio di tutti gli ambienti dell'edificio.

## **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 kWh/m<sup>2</sup> anno, così come definite al paragrafo 3.3 dell'Allegato 1 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005, 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);  
Valore: 0.354  
Limite: 0.580  
Verifica  $H'_T < H'_{T,L}$  : Positiva
- $A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$   
Valore: 0.0296  
Limite: 0.0400  
Verifica  $(A_{sol,est} / A_{sup\ utile})_{limite}$  : Positiva
- $EP_{H,nd}$ : indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio;  
Valore: 55.6285  
Limite: 60.0891  
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);  
Valore: 21.4268  
Limite: 28.1026  
Verifica  $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$  : Positiva
- $EP_{gl,tot} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$ : indice della prestazione energetica globale dell'edificio (Energia primaria totale)  
Valore: 54.7439  
Limite: 98.8122  
Verifica  $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$ : Positiva
- $EP_{gl,nren} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$ : indice della prestazione energetica globale dell'edificio (Energia primaria non rinnovabile)  
Valore: 12.3290  
Limite: 40.9027  
Verifica  $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$ : Positiva
- $\eta_H$ : efficienza media stagionale dell'impianto di riscaldamento;  
Valore: 4.8844  
Limite: 2.9434  
Verifica  $\eta_H > \eta_{H,limite}$  Positiva
- $\eta_w$ : efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;  
Valore: 2.6555  
Limite: 1.1072  
Verifica  $\eta_w > \eta_{w,limite}$  : Positiva

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

N.P.

### d) Impianti fotovoltaici

- connessione impianto: grid connected
- tipo moduli : silicio monocristallino
- tipo installazione: orizzontale
- tipo supporto : fissati tramite supporti metallici
- inclinazione (°) e orientamento: 3°, 0°

Potenza installata e percentuale di copertura del fabbisogno annuo: 21.08 kWp

### e) Consuntivo energia

- energia consegnata o fornita ( $E_{del}$ ):	kWh	9,043.903
- energia rinnovabile ( $EP_{gl,ren}$ ):	kWh/m <sup>2</sup> anno	42.415
- energia esportata ( $E_{exp}$ ):	kWh	12,831.251
- energia rinnovabile in situ:	hWh <sub>t</sub>	19,990.383
	hWh <sub>e</sub>	10,433.529
- fabbisogno annuale globale di energia primaria ( $EP_{gl,tot}$ ):	kWh/m <sup>2</sup> anno	54.744

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

Si installeranno pompe di calore e recuperatori ad elevata efficienza.

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

N.P.

## 8. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA (obbligatoria)

- [ X ] Piante di ciascun piano degli edifici con orientamento e indicazione d'uso prevalente dei singoli locali e definizione degli elementi costruttivi
- [ X ] Prospetti e sezioni degli edifici con evidenziazione dei sistemi fissi di protezione solare e definizione degli elementi costruttivi
- [ X ] Schemi funzionali degli impianti contenenti gli elementi di cui all'analogia voce del paragrafo 'Dati relativi agli impianti punto 5.1 lettera i' e dei punti 5.2, 5.3, 5.4, 5.5
- [ X ] 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
- [ X ] Tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche dei componenti finestrati dell'involucro edilizio e della loro permeabilità all'aria

Altri eventuali allegati non obbligatori:

Analisi FEM ponti termici

## 9. DICHIARAZIONE DI RISPONDENZA

Il sottoscritto Dott. Ing. Mauro Paci, iscritto all'albo degli Ingegneri di Arezzo n° 463 essendo a conoscenza delle sanzioni previste dall'articolo 15, commi 1 e 2, del decreto legislativo 192/2005

Dichiara sotto la propria personale responsabilità che:

- a) il progetto relativo alle opere di cui sopra è rispondente alle prescrizioni contenute dal decreto legislativo 192/2005 nonché dal decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005 ;
- b) il progetto relativo alle opere di cui sopra rispetta gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo i principi minimi e le decorrenze di cui all'allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n.28;
- c) i dati e le informazioni contenuti nella relazione tecnica sono conformi a quanto contenuto o desumibile dagli elaborati progettuali.

Data

Firma

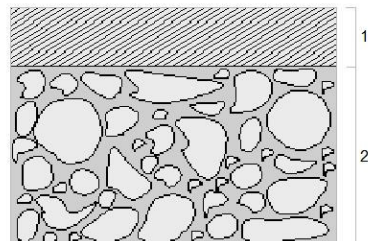
## ALLEGATI

## COMPONENTE OPACO

Codice CT01  
 Descrizione Strato controterra  
 Note  
 Giacitura PT=Pavimento terreno  
 Origine dei dati Da stratigrafia

### RIEPILOGO

Spessore	m	0.40000
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	730.000
Massa totale	kg/m <sup>2</sup>	730.000
Capacità termica interna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	69.705
Capacità termica esterna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	172.942
Resistenza termica dei materiali	m <sup>2</sup> ·K/W	0.312
Resistenza termica totale	m <sup>2</sup> ·K/W	0.482
Trasmittanza termica totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	2.075
Trasmittanza termica periodica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.459



### STRATIGRAFIA

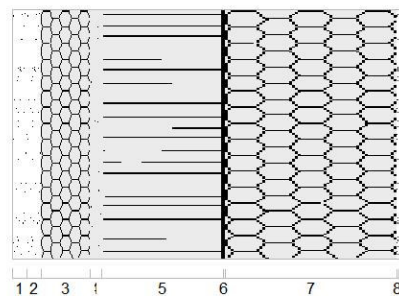
	Codice materiale	Descrizione	d m	l W/(m·K)	C W/(m <sup>2</sup> ·K)	ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/(kg·K)	R m <sup>2</sup> ·K/W
1	CLS505	Resistenza superficiale interna CLS SC con aggreganti naturali (esterno)	0.10000	1.613	0.000	2,200.000	1000	0.170
2	MSR517	Ghiaia grossa senza argilla Resistenza superficiale esterna	0.30000	1.200	0.000	1,700.000	1000	0.250
								0.000

## COMPONENTE OPACO

Codice EX-01  
 Descrizione Parete esterna in XLAM  
 Note  
 Giacitura VE=Verticale esterno  
 Origine dei dati Da stratigrafia

### RIEPILOGO

Spessore	m	0.31900
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	90.223
Massa totale	kg/m <sup>2</sup>	93.023
Capacità termica interna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	18.167
Capacità termica esterna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	10.312
Resistenza termica dei materiali	m <sup>2</sup> ·K/W	5.966
Resistenza termica totale	m <sup>2</sup> ·K/W	6.136
Trasmittanza termica totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.163
Trasmittanza termica periodica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.016



### STRATIGRAFIA

Codice materiale	Descrizione	d m	l W/(m·K)	C W/(m <sup>2</sup> ·K)	ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/(kg·K)	R m <sup>2</sup> ·K/W
	Resistenza superficiale interna						0.130
1 PAN27	Pannello di cartongesso	0.01250	0.600	0.000	750.000	840	0.021
2 PAN27	Pannello di cartongesso	0.01250	0.600	0.000	750.000	840	0.021
3 ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	0.033	0.000	70.000	1,030	1.212
4 INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.000	6.667	1.300	1,008	0.150
5 LEG501	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0.10000	0.150	0.000	450.000	1,600	0.667
6 MPL511	Polietilene/politene ad alta densità	0.00200	0.500	0.000	980.000	1,800	0.004
7 ISO96B	Lana roccia tipo Rockwool Frontrock Max E	0.14000	0.036	0.000	155.000	1,030	3.889
8 INT13	Rasatura silossani	0.00200	0.700	0.000	1,400.000	840	0.003
	Resistenza superficiale esterna						0.040



Codice EX-01  
Descrizione Parete esterna in XLAM

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante Esterno  
Temperatura esterna UNI 10349 - Media mensile  
Umidità relativa esterna UNI 10349 - Media mensile  
Temperatura interna UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2  
Struttura leggera No  
Classe di umidità 3 - Alloggi con basso indice di affollamento  
Umidità relativa massima accettabile 80 %

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	18.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Proprietà dei materiali

Codice Materiale	Descrizione	d m	R m²·K/W	$\mu$	S <sub>d</sub> m
	Resistenza superficiale esterna		0.040		
INT13	Rasatura silossani	0.00200	0.003	10	0.02000
ISO96B	Lana roccia tipo Rockwool Frontrock Max E	0.14000	3.889	1	0.14000
MPL511	Polietilene/politene ad alta densità	0.00200	0.004	100,000	200.00000
LEG501	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0.10000	0.667	31	3.10000
INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.150	1	0.01000
ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	1.212	1	0.04000
PAN27	Pannello di cartongesso	0.01250	0.021	8	0.10000
PAN27	Pannello di cartongesso	0.01250	0.021	8	0.10000
	Resistenza superficiale interna		0.130		

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico Dicembre  
Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.960  
Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.666  
Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	18.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425
$p_s$ [Pa]	1,640	1,641	1,685	1,725	1,870	2,085	2,100	2,180	2,087	2,170	1,817	1,781
$\theta_{si,min}$ [°C]	14.40	14.41	14.82	15.19	16.45	18.17	18.28	18.88	18.19	18.81	16.00	15.68
$f_{Rsi}$	0.57	0.53	0.45	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.67
$\theta_{si}$ [°C]	19.47	19.53	19.62	19.73	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.93	19.65	19.48

Codice EX-01  
Descrizione Parete esterna in XLAM

# **Verifica della condensazione interstiziale (UNI EN ISO 13788 §6)**

Non si verifica condensazione in nessuna interfaccia per nessun mese.  
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

**Verifica** **Positiva**

## **Risultati di calcolo**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<b>Esterno</b>												
θ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
p <sub>v</sub> [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
p <sub>s</sub> [Pa]	997	1,090	1,279	1,517	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,837	1,331	1,011
<b>Superficie esterna</b>												
θ [°C]	6.94	8.24	10.62	13.20	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.17	11.22	7.14
p <sub>v</sub> [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
p <sub>s</sub> [Pa]	997	1,090	1,279	1,517	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,837	1,331	1,011
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 1(INT13 - ISO96B)</b>												
θ [°C]	6.95	8.24	10.62	13.21	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.17	11.22	7.15
p <sub>v</sub> [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
p <sub>s</sub> [Pa]	998	1,090	1,280	1,517	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,837	1,331	1,012
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 2(ISO96B - MPL511)</b>												
θ [°C]	15.12	15.60	16.49	17.46	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.32	16.72	15.19
p <sub>v</sub> [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
p <sub>s</sub> [Pa]	1,717	1,771	1,875	1,994	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,976	1,902	1,726
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 3(MPL511 - LEG501)</b>												
θ [°C]	15.13	15.61	16.50	17.46	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.32	16.72	15.20
p <sub>v</sub> [Pa]	1,302	1,304	1,341	1,375	1,495	1,668	1,680	1,744	1,670	1,733	1,448	1,416
p <sub>s</sub> [Pa]	1,718	1,772	1,876	1,994	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,976	1,903	1,726
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 4(LEG501 - INA503)</b>												
θ [°C]	16.53	16.87	17.50	18.19	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.51	17.66	16.58
p <sub>v</sub> [Pa]	1,311	1,312	1,347	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,424
p <sub>s</sub> [Pa]	1,879	1,921	1,999	2,088	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	2,001	2,020	1,886
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 5(INA503 - ISOAC)</b>												
θ [°C]	16.84	17.15	17.73	18.36	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.56	17.88	16.89
p <sub>v</sub> [Pa]	1,311	1,312	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,424
p <sub>s</sub> [Pa]	1,917	1,956	2,028	2,109	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	2,006	2,047	1,923
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 6(ISOAC - PAN27)</b>												
θ [°C]	19.39	19.45	19.56	19.68	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.91	19.59	19.40
p <sub>v</sub> [Pa]	1,311	1,312	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,424
p <sub>s</sub> [Pa]	2,250	2,258	2,274	2,291	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	2,052	2,278	2,251
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 7(PAN27 - PAN27)</b>												
θ [°C]	19.43	19.49	19.59	19.70	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.92	19.62	19.44
p <sub>v</sub> [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425
p <sub>s</sub> [Pa]	2,256	2,264	2,278	2,294	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	2,053	2,282	2,257
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Codice EX-01  
 Descrizione Parete esterna in XLAM

# **VERIFICA MASSA SUPERFICIALE E TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA**

Riferimento normativo 2019/2021  
 Verifica limiti come Verticale verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra  
 Zona climatica D  
 Località Empoli  
 Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione estiva Im,s:  
     valore di progetto 284.000 W/m<sup>2</sup>  
     valore di confronto 290,00 W/m<sup>2</sup>  
**Verifica richiesta** **No**

## **Verifica massa superficiale**

Valore di progetto 90.223 kg/m<sup>2</sup>  
 Valore di confronto 230 kg/m<sup>2</sup>  
**Verifica** **Non richiesta**

## **Verifica trasmittanza termica periodica**

### **Risultati di calcolo**

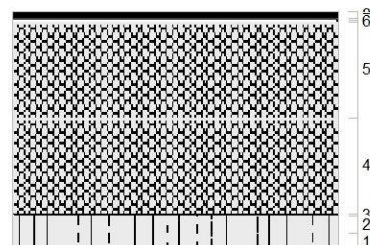
	Modulo	$\Delta t$ h
Matrice di trasferimento		
Z11	80.610	-7.810
Z12	61.366 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.530
Z21	59.820 W/(m <sup>2</sup> ·K)	7.750
Z22	80.610	-7.810
Ammissioni termiche		
Lato interno	1.314 W/(m <sup>2</sup> ·K)	3.654
Lato esterno	0.742 W/(m <sup>2</sup> ·K)	3.560
Caratteristiche termiche dinamiche		
Trasmittanza termica periodica	0.016 W/(m <sup>2</sup> ·K)	-12.530
Fattore di decremento	0.100	
Trasmittanza termica periodica		
valore di progetto	0.016 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
valore di confronto	0.100 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
<b>Verifica</b>	<b>Non richiesta</b>	

## COMPONENTE OPACO

Codice SC-01  
 Descrizione Solaio di copertura  
 Note  
 Giacitura SE=Solaio esterno(flusso ascendente)  
 Origine dei dati Da stratigrafia

### RIEPILOGO

Spessore	m	0.24900
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	81.800
Massa totale	kg/m <sup>2</sup>	81.800
Capacità termica interna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	38.413
Capacità termica esterna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	33.887
Resistenza termica dei materiali	m <sup>2</sup> ·K/W	2.863
Resistenza termica totale	m <sup>2</sup> ·K/W	3.003
Trasmittanza termica totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.333
Trasmittanza termica periodica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.209



### STRATIGRAFIA

Codice materiale	Descrizione	d m	l W/(m·K)	C W/(m <sup>2</sup> ·K)	ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/(kg·K)	R m <sup>2</sup> ·K/W
	Resistenza superficiale interna						0.100
1 LEG516	Pannello a fibre orientate (OSB)	0.01800	0.130	0.000	650.000	1,700	0.138
2 LEG516	Pannello a fibre orientate (OSB)	0.01800	0.130	0.000	650.000	1,700	0.138
3 MPL511	Polietilene/politene ad alta densità	0.00200	0.500	0.000	980.000	1,800	0.004
4 VET507	Vetro cellulare granulare	0.10000	0.078	0.000	170.000	900	1.282
5 VET507	Vetro cellulare granulare	0.10000	0.078	0.000	170.000	900	1.282
6 BVA502	Guaina impermeabilizzante bituminosa	0.00200	0.230	0.000	1,100.000	1000	0.009
7 MED	membrana drenante antirombo	0.00200	0.220	0.000	320.000	1,700	0.009
8 MET05	Leghe di alluminio	0.00700	160.000	0.000	2,800.000	960	0.000
	Resistenza superficiale esterna						0.040

Codice SC-01  
Descrizione Solaio di copertura

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante Esterno  
Temperatura esterna UNI 10349 - Media mensile  
Umidità relativa esterna UNI 10349 - Media mensile  
Temperatura interna UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2  
Struttura leggera No  
Classe di umidità 3 - Alloggi con basso indice di affollamento  
Umidità relativa massima accettabile 80 %

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	18.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Proprietà dei materiali

Codice Materiale	Descrizione	d m	R m²·K/W	$\mu$	$s_d$ m
MET05	Resistenza superficiale esterna Leghe di alluminio	0.00700	0.040 0.000	2,000,000	14,000.000 00
MED	membrana drenante antirombo	0.00200	0.009	50,000	100.00000
BVA502	Guaina impermeabilizzante bituminosa	0.00200	0.009	200	0.40000
VET507	Vetro cellulare granulare	0.10000	1.282	9,999,999	999,999.87 500
VET507	Vetro cellulare granulare	0.10000	1.282	9,999,999	999,999.87 500
MPL511	Polietilene/politene ad alta densità	0.00200	0.004	100,000	200.00000
LEG516	Pannello a fibre orientate (OSB)	0.01800	0.138	30	0.54000
LEG516	Pannello a fibre orientate (OSB)	0.01800	0.138	30	0.54000
	Resistenza superficiale interna		0.100		

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico Dicembre  
Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.921  
Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.666  
Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	18.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425
$p_s$ [Pa]	1,640	1,641	1,685	1,725	1,870	2,085	2,100	2,180	2,087	2,170	1,817	1,781
$\theta_{si,min}$ [°C]	14.40	14.41	14.82	15.19	16.45	18.17	18.28	18.88	18.19	18.81	16.00	15.68
$f_{Rsi}$	0.57	0.53	0.45	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.67
$\theta_{si}$ [°C]	18.96	19.06	19.25	19.46	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.85	19.30	18.97

Codice SC-01  
Descrizione Solaio di copertura

# **Verifica della condensazione interstiziale (UNI EN ISO 13788 §6)**

Non si verifica condensazione in nessuna interfaccia per nessun mese.  
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

**Verifica** **Positiva**

## **Risultati di calcolo**

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<b>Esterno</b>												
θ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
p <sub>v</sub> [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
p <sub>s</sub> [Pa]	1,003	1,095	1,284	1,521	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,839	1,336	1,017
<b>Superficie esterna</b>												
θ [°C]	7.03	8.31	10.68	13.25	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.18	11.27	7.22
p <sub>v</sub> [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
p <sub>s</sub> [Pa]	1,003	1,095	1,284	1,521	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,839	1,336	1,017
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 1(MET05 - MED)</b>												
θ [°C]	7.03	8.31	10.68	13.25	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.18	11.27	7.22
p <sub>v</sub> [Pa]	731	789	931	1,077	1,424	1,668	1,680	1,744	1,668	1,565	1,063	853
p <sub>s</sub> [Pa]	1,003	1,095	1,284	1,521	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,839	1,336	1,017
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 2(MED - BVA502)</b>												
θ [°C]	7.06	8.34	10.71	13.27	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.19	11.30	7.26
p <sub>v</sub> [Pa]	731	789	931	1,077	1,424	1,668	1,680	1,744	1,668	1,565	1,063	853
p <sub>s</sub> [Pa]	1,006	1,098	1,287	1,523	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,839	1,338	1,019
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 3(BVA502 - VET507)</b>												
θ [°C]	7.10	8.38	10.73	13.29	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.19	11.32	7.30
p <sub>v</sub> [Pa]	731	789	931	1,077	1,424	1,668	1,680	1,744	1,668	1,565	1,063	853
p <sub>s</sub> [Pa]	1,008	1,100	1,289	1,525	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,840	1,340	1,022
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 4(VET507 - VET507)</b>												
θ [°C]	12.45	13.19	14.57	16.07	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.94	14.92	12.56
p <sub>v</sub> [Pa]	1,022	1,051	1,139	1,229	1,460	1,668	1,680	1,744	1,669	1,651	1,258	1,139
p <sub>s</sub> [Pa]	1,444	1,516	1,658	1,825	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	1,930	1,695	1,455
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 5(VET507 - MPL511)</b>												
θ [°C]	17.79	18.01	18.41	18.85	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.69	18.51	17.82
p <sub>v</sub> [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425
p <sub>s</sub> [Pa]	2,036	2,064	2,117	2,176	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	2,023	2,130	2,040
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 6(MPL511 - LEG516)</b>												
θ [°C]	17.81	18.02	18.42	18.86	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.69	18.52	17.84
p <sub>v</sub> [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425
p <sub>s</sub> [Pa]	2,038	2,066	2,119	2,177	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	2,023	2,132	2,042
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
<b>Interfaccia 7(LEG516 - LEG516)</b>												
θ [°C]	18.38	18.54	18.84	19.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	17.77	18.91	18.41
p <sub>v</sub> [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425
p <sub>s</sub> [Pa]	2,113	2,134	2,174	2,218	2,110	2,620	3,102	3,121	2,331	2,034	2,184	2,116
g <sub>c</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
g <sub>ev</sub> [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Ma [kg/m²]	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Codice SC-01  
 Descrizione Solaio di copertura

# **VERIFICA MASSA SUPERFICIALE E TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA**

Riferimento normativo 2019/2021  
 Verifica limiti come Copertura orizzontale o inclinata verso l'esterno o gli ambienti non climatizzati  
 Zona climatica D  
 Località Empoli  
 Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione estiva Im,s:  
     valore di progetto 284.000 W/m<sup>2</sup>  
     valore di confronto 290,00 W/m<sup>2</sup>  
**Verifica richiesta** **No**

## **Verifica massa superficiale**

Valore di progetto 81.800 kg/m<sup>2</sup>  
 Valore di confronto 0 kg/m<sup>2</sup>  
**Verifica** **Non richiesta**

## **Verifica trasmittanza termica periodica**

### **Risultati di calcolo**

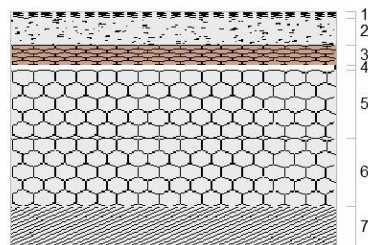
	Modulo	$\Delta t$ h
Matrice di trasferimento		
Z11	12.467	9.960
Z12	4.774 W/(m <sup>2</sup> ·K)	-5.240
Z21	27.983 W/(m <sup>2</sup> ·K)	2.560
Z22	12.467	9.960
Ammissioni termiche		
Lato interno	2.611 W/(m <sup>2</sup> ·K)	3.193
Lato esterno	2.257 W/(m <sup>2</sup> ·K)	4.620
Caratteristiche termiche dinamiche		
Trasmittanza termica periodica	0.209 W/(m <sup>2</sup> ·K)	-6.760
Fattore di decremento	0.629	
Trasmittanza termica periodica		
valore di progetto	0.209 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
valore di confronto	0.180 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
<b>Verifica</b>	<b>Non richiesta</b>	

## COMPONENTE OPACO

Codice ST-01  
 Descrizione Pavimento radiante  
 Note  
 Giacitura PT=Pavimento terreno  
 Origine dei dati Da stratigrafia

### RIEPILOGO

Spessore	m	0.34800
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	250.990
Massa totale	kg/m <sup>2</sup>	250.990
Capacità termica interna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	59.648
Capacità termica esterna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	129.301
Resistenza termica dei materiali	m <sup>2</sup> ·K/W	6.828
Resistenza termica totale	m <sup>2</sup> ·K/W	6.998
Trasmittanza termica totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.143
Trasmittanza termica periodica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.076



### STRATIGRAFIA

Codice materiale	Descrizione	d m	l W/(m·K)	C W/(m <sup>2</sup> ·K)	ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/(kg·K)	R m <sup>2</sup> ·K/W
	Resistenza superficiale interna						0.170
1 PAV07	Piastrelle di gres	0.01000	0.980	0.000	1,900.000	840	0.010
2 MASR	Massetto radiante Paris 2.0	0.04000	2.020	0.000	2,000.000	1000	0.020
3 ISOR	Pannello isolante radiante	0.03000	0.035	0.000	25.000	1,210	0.857
4 ACU03	Materassino anticalpestio	0.00800	0.041	0.000	30.000	840	0.195
5 ISO99	Polistirene espanso estruso	0.10000	0.035	0.000	35.000	1,250	2.857
6 ISO99	Polistirene espanso estruso	0.10000	0.035	0.000	35.000	1,250	2.857
7 CLS003	Strutt. chiusa (int. o prot.)	0.06000	1.909	0.000	2,400.000	880	0.031
	Resistenza superficiale esterna						0.000

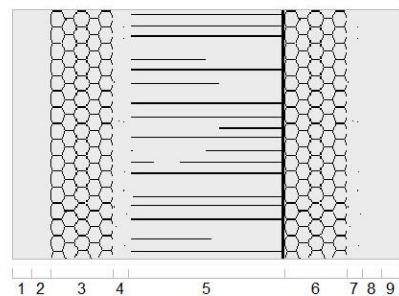


## COMPONENTE OPACO

Codice TX-01  
 Descrizione Tramezzo interno  
 Note  
 Giacitura VI=Verticale interno  
 Origine dei dati Da stratigrafia

### RIEPILOGO

Spessore	m	0.25000
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	95.626
Massa totale	kg/m <sup>2</sup>	95.626
Capacità termica interna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	20.419
Capacità termica esterna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	20.207
Resistenza termica dei materiali	m <sup>2</sup> ·K/W	3.629
Resistenza termica totale	m <sup>2</sup> ·K/W	3.889
Trasmittanza termica totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.257
Trasmittanza termica periodica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.048



### STRATIGRAFIA

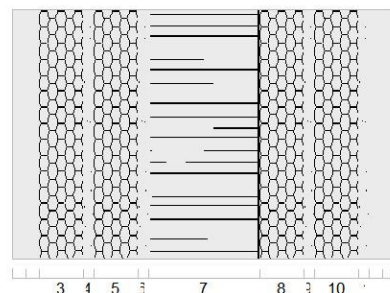
Codice materiale	Descrizione	d m	l W/(m·K)	C W/(m <sup>2</sup> ·K)	ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/(kg·K)	R m <sup>2</sup> ·K/W
	Resistenza superficiale interna						0.130
1 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
2 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
3 ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	0.033	0.000	70.000	1,030	1.212
4 INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.000	6.667	1.300	1,008	0.150
5 LEG501	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0.10000	0.150	0.000	450.000	1,600	0.667
6 ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	0.033	0.000	70.000	1,030	1.212
7 INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.000	6.667	1.300	1,008	0.150
8 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
9 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
	Resistenza superficiale esterna						0.130

## COMPONENTE OPACO

Codice TX-02  
 Descrizione Parete interna (tramezzatura)  
 Note  
 Giacitura VI=Verticale interno  
 Origine dei dati Da stratigrafia

### RIEPILOGO

Spessore	m	0.35000
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	101.252
Massa totale	kg/m <sup>2</sup>	101.252
Capacità termica interna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	19.893
Capacità termica esterna	kJ/(m <sup>2</sup> ·K)	19.652
Resistenza termica dei materiali	m <sup>2</sup> ·K/W	6.353
Resistenza termica totale	m <sup>2</sup> ·K/W	6.613
Trasmittanza termica totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.151
Trasmittanza termica periodica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.015



### STRATIGRAFIA

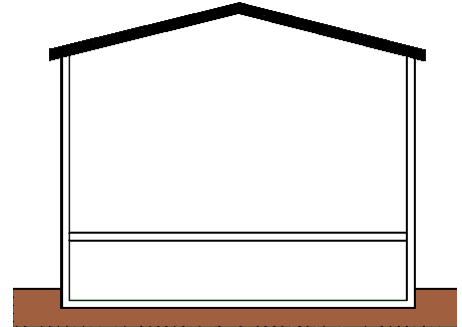
Codice materiale	Descrizione	d m	l W/(m·K)	C W/(m <sup>2</sup> ·K)	ρ kg/m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> J/(kg·K)	R m <sup>2</sup> ·K/W
	Resistenza superficiale interna						0.130
1 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
2 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
3 ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	0.033	0.000	70.000	1,030	1.212
4 INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.000	6.667	1.300	1,008	0.150
5 ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	0.033	0.000	70.000	1,030	1.212
6 INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.000	6.667	1.300	1,008	0.150
7 LEG501	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0.10000	0.150	0.000	450.000	1,600	0.667
8 ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	0.033	0.000	70.000	1,030	1.212
9 INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.000	6.667	1.300	1,008	0.150
10 ISOAC	Lana di roccia ACOUSTIC 225 PLUS 70 kg/mc	0.04000	0.033	0.000	70.000	1,030	1.212
11 INA503	Intercapedine d'aria non ventilata 10 mm flusso orizzontale	0.01000	0.000	6.667	1.300	1,008	0.150
12 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
13 CAR503	Cartongesso in lastre	0.01250	0.210	0.000	900.000	840	0.060
	Resistenza superficiale esterna						0.130

## COMPONENTE SPECIALE PAVIMENTO

Codice PAVPT  
 Descrizione Pavimento su vespaio areato  
 Note

### RISULTATI E VERIFICHE

Area del pavimento	[m <sup>2</sup> ]	733.55
Perimetro disperdente	[m]	174.44
Dimensione caratteristica del pavimento	[m]	8.410
Superficie disperdente del pavimento	[m <sup>2</sup> ]	733.550
Capacità termica del pavimento	[kJ/K]	43.755
Spessore equivalente totale del pavimento controterra, dt	[m]	1.104
Trasmittanza termica effettiva, U	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	0.117
Trasmittanza termica lineare associata all'isolamento di bordo	[W/(m·K)]	0.000
Trasmittanza termica lineare associata al giunto parete/pavimento	[W/(m·K)]	0.169
Coefficiente di accoppiamento termico in regime stazionario, Hg	[W/K]	115.306



### DATI PER IL CALCOLO DELLA TRASMITTANZA TERMICA STAZIONARIA

Dati del componente orizzontale (solaio)		
Codice del componente		ST-01
Resistenza superficiale interna, Rsi	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	0.170
Resistenza superficiale esterna, Rse	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	0.000
Capacità termica	[kJ/(m <sup>2</sup> ·K)]	59.648
Resistenza termica	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	6.828
Dati del componente verticale (parete)		
Codice del componente		CT02
Spessore delle pareti perimetrali esterne	[m]	0.140
Resistenza termica	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	1.205
Resistenza superficiale interna, Rsi	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	0.130
Resistenza superficiale esterna, Rse	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	0.000
Altezza del pavimento sopra il livello del terreno	[m]	0.200
Area delle aperture di ventilazione per unità di perimetro	[m <sup>2</sup> /m]	0.010
Coefficiente di protezione dal vento		0.050
Profondità del componente al di sotto del livello del terreno esterno	[m]	0.500
Dati del componente orizzontale su terreno		
Codice del componente		CT01
Resistenza superficiale interna, Rsi	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	0.170
Resistenza superficiale esterna, Rse	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	0.000
Resistenza termica	[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	0.312
Ponte termico perimetrale parete/pavimento		
Codice del componente		PT02
Trasmittanza termica lineica	[W/(m·K)]	0.169

## COMPONENTE SPECIALE CASSONETTO

Codice	CAS01
Descrizione	Cassonetto coibentato
Note	
Origine dei dati	UNI/TS 11300-1:2014 Prospetto A.2

### DATI CASSONETTO

Fattore di assorbimento solare	0.600
Trasmittanza	[W/(m <sup>2</sup> ·K)] 1.000

## COMPONENTE PONTE TERMICO

Codice	PT02
Descrizione	Ponte termico pavimento
Note	
Origine dei dati	Inserimento manuale

## DATI PONTE TERMICO

Trasmittanza termica lineica	[W/(m·K)]	0.169
------------------------------	-----------	-------

## COMPONENTE PONTE TERMICO

Codice	PT03
Descrizione	Ponte termico infissi
Note	
Origine dei dati	Inserimento manuale

## DATI PONTE TERMICO

Trasmittanza termica lineica	[W/(m·K)]	0.157
------------------------------	-----------	-------

## COMPONENTE PONTE TERMICO

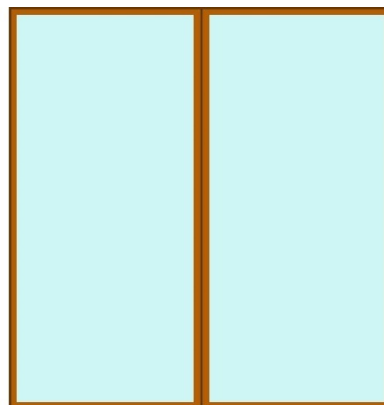
Codice	PT05
Descrizione	Ponte termico parete-copertura
Note	
Origine dei dati	Inserimento manuale

## DATI PONTE TERMICO

Trasmittanza termica lineica	[W/(m·K)]	0.060
------------------------------	-----------	-------

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice FC-01  
Descrizione Facciata 230x241  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)



### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.244
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	2.30
Altezza	m	2.41

### Dati apporti solari:

Emissività	ε	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	4.850
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	0.690
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	13.440
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.400

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.804
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.244
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.244



Codice FC-01  
 Descrizione Facciata 230x241

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.867  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.33

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice FC-02  
Descrizione Facciata 580x300  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)

### Caratteristiche del serramento:

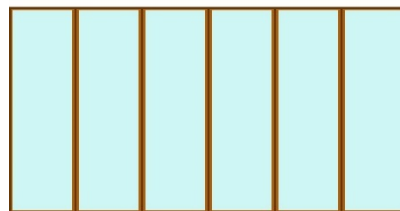
Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.248
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	5.80
Altezza	m	3.00

### Dati apporti solari:

Emissività	ε	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45



## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	15.080
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	2.320
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	45.200
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.300

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.801
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.248
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.248

Codice FC-02  
 Descrizione Facciata 580x300

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

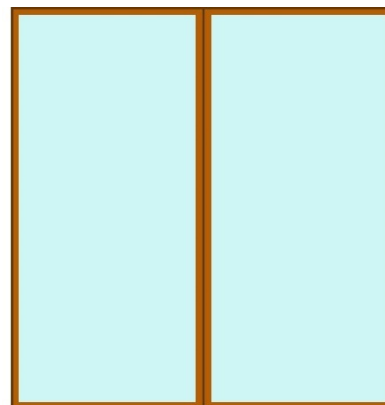
Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.866  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.32

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice FC-03  
Descrizione Finestra 230x241  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)



### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.244
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	2.30
Altezza	m	2.41

### Dati apporti solari:

Emissività	ε	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	4.850
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	0.690
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	13.440
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.400

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.804
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.244
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.244

Codice FC-03  
 Descrizione Finestra 230x241

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.867  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

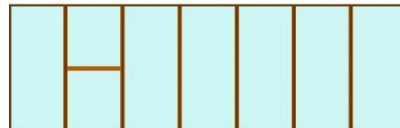
$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.33

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice FC-04  
Descrizione Facciata 750x241  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)

### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.252
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000



### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	7.50
Altezza	m	2.41

### Dati apporti solari:

Emissività	$\epsilon$	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	15.610
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	2.460
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	47.680
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.300

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.799
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.252
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.252

Codice FC-04  
 Descrizione Facciata 750x241

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.866  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.32

## COMPONENTE FINESTRATO

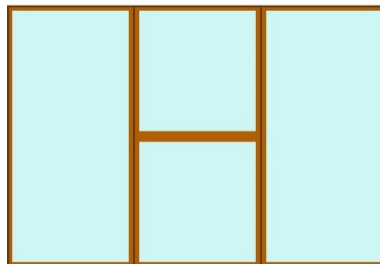
Codice FC-05  
Descrizione Finestra 350x241  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)

### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.251
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	3.50
Altezza	m	2.41



### Dati apporti solari:

Emissività	$\epsilon$	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	7.290
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	1.150
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	22.190
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.300

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.799
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.251
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.251



Codice FC-05  
 Descrizione Finestra 350x241

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.866  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.32

## COMPONENTE FINESTRATO

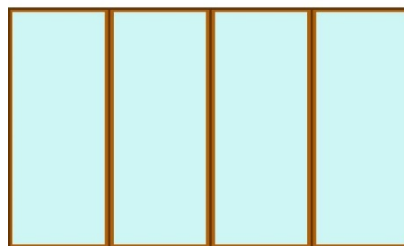
Codice FC-06  
Descrizione Facciata 402x240  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)

### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.254
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	4.02
Altezza	m	2.40



### Dati apporti solari:

Emissività	$\epsilon$	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	8.330
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	1.320
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	25.640
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.300

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.797
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.254
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.254

Codice FC-06  
 Descrizione Facciata 402x240

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.866  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

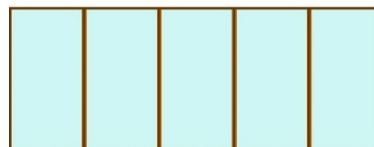
$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.31

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice FC-07  
Descrizione Facciata 628x241  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)

### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.242
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000



### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	6.28
Altezza	m	2.41

### Dati apporti solari:

Emissività	$\epsilon$	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	13.350
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	1.780
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	34.660
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.500

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.805
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.242
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.242

Codice FC-07  
 Descrizione Facciata 628x241

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.867  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.33

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice FC-08  
Descrizione Facciata 420x300  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)

### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.251
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	4.20
Altezza	m	3.00



### Dati apporti solari:

Emissività	$\epsilon$	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	10.800
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	1.800
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	35.020
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.200

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.799
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.251
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.251

Codice FC-08  
 Descrizione Facciata 420x300

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

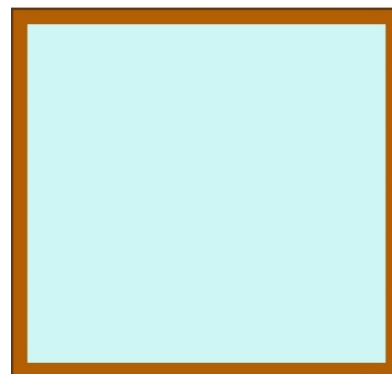
Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.866  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.32

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice FE-07  
Descrizione Finestra 120x114  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)



### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.249
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.900

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	1.20
Altezza	m	1.14

### Dati apporti solari:

Emissività	ε	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	1.140
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	0.220
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	4.280
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.500

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	0.900
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.801
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.249
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.249



Codice FE-07  
 Descrizione Finestra 120x114

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

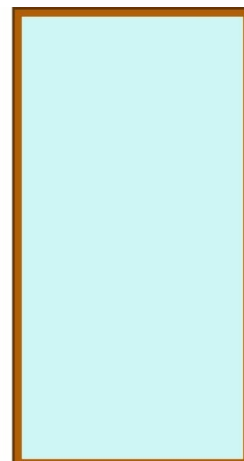
Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.866  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.32

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice PV-01  
Descrizione Finestra 120x231  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)



### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.240
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	1.20
Altezza	m	2.31

### Dati apporti solari:

Emissività	ε	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	2.430
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	0.340
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	6.620
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.400

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.806
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.240
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.240

Codice PV-01  
 Descrizione Finestra 120x231

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.867  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.34

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice PV-03  
Descrizione Finestra 100x291  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)



### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.243
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	1.00
Altezza	m	2.91

### Dati apporti solari:

Emissività	ε	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	2.530
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	0.380
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	7.420
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.300

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.805
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.243
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.243

Codice PV-03  
 Descrizione Finestra 100x291

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

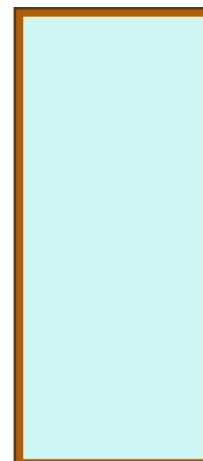
Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.867  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.33

## COMPONENTE FINESTRATO

Codice PV-04  
Descrizione Finestra 100x231  
Note  
Origine dei dati Procedura analitica (UNI EN ISO 10077-1:2007)



### Caratteristiche del serramento:

Tipo di serramento			Finestra singola
Trasmittanza termica	Uw	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.257
Trasmittanza solo vetro	Ug	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000

### Dimensioni del serramento:

Larghezza	m	1.00
Altezza	m	2.31

### Dati apporti solari:

Emissività	ε	0.200
Trasmittanza solare	g gl,n	0.45

## TELAIO

### Serramento interno:

Area vetro	Ag	m <sup>2</sup>	1.990
Area telaio	Af	m <sup>2</sup>	0.320
Area pannelli	Ap	m <sup>2</sup>	0.000
Perimetro vetro	Lg	m	6.220
Trasmittanza termica telaio	Uf	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.300

## VETRO

### Serramento:

Trasmittanza termica vetro	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.000
Trasmittanza termica distanziatore	W/(m·K)	0.080

## RISULTATI

Resistenza	m <sup>2</sup> ·K/W	0.796
Trasmittanza termica	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.257
Resistenza termica aggiuntiva	m <sup>2</sup> ·K/W	0.000
Trasmittanza totale	W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.257

Codice PV-04  
 Descrizione Finestra 100x231

## VERIFICA IGROMETRICA

### Condizioni al contorno

Ambiente confinante	Esterno
Temperatura esterna	UNI 10349 - Media mensile
Umidità relativa esterna	UNI 10349 - Media mensile
Temperatura interna	UNI EN ISO 13788 N.A. 1.2
Struttura leggera	Si
Classe di umidità	3 - Alloggi con basso indice di affollamento
Media delle temperature esterne minime annuali	0.0 °C

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
$\theta_e$ [°C]	6.86	8.16	10.56	13.16	18.36	21.86	24.66	24.76	19.96	16.16	11.16	7.06
$p_e$ [Pa]	727	785	928	1,075	1,423	1,668	1,680	1,744	1,668	1,564	1,060	849
$\theta_i$ [°C]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	21.86	24.66	24.76	20.00	20.00	20.00	20.00
$p_i$ [Pa]	1,312	1,313	1,348	1,380	1,496	1,668	1,680	1,744	1,670	1,736	1,454	1,425

### Verifica della temperatura superficiale (UNI EN ISO 13788 §5)

Mese critico -  
 Fattore di temperatura,  $f_{Rsi}$  0.865  
 Fattore di temperatura massimo,  $f_{Rsi,max}$  0.636  
 Il componente non è soggetto a fenomeni di condensa superficiale.  
**Verifica Positiva**

### Risultati di calcolo

$\theta_e$ [°C]	0.00
$p_e$ [Pa]	580
$\theta_i$ [°C]	20.00
$p_i$ [Pa]	1,471
$p_s$ [Pa]	1,471
$\theta_{si,min}$ [°C]	12.73
$f_{Rsi}$	0.64
$\theta_{si}$ [°C]	17.31

## Simboli e unità di misura

Simbolo	Quantità	Unità di misura
$c_p$	capacità termica specifica	J/(kg·K)
$A_g$	area (vetro)	m <sup>2</sup>
$A_f$	area (telaio)	m <sup>2</sup>
$A_p$	area (pannello)	m <sup>2</sup>
$C$	conduttanza unitaria	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$d$	spessore	m
$f_{Rsi}$	fattore di temperatura in corrispondenza alla superficie interna	-
$f_{Rsi,max}$	fattore di temperatura di progetto in corrispondenza alla superficie interna per il mese critico	-
$g_c$	densità di flusso di vapore (condensazione)	Kg/m <sup>2</sup>
$g_{ev}$	densità di flusso di vapore (evaporazione)	Kg/m <sup>2</sup>
$U_f$	trasmissione termica (telaio)	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_g$	trasmissione termica (elemento vetrato)	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$\Psi_g$	trasmissione termica (lineare del distanziatore)	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_p$	trasmissione termica (pannello)	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_w$	trasmissione termica (totale del serramento)	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$L_g$	lunghezza perimetrale della superficie vetrata	m
$M_a$	massa di vapore per unità di superficie accumulata in corrispondenza di un'interfaccia	Kg/m <sup>2</sup>
$p_i$	pressione parziale del vapore (aria interna)	Pa
$p_e$	pressione parziale del vapore (aria esterna)	Pa
$R$	resistenza termica di progetto (da superficie a superficie)	m <sup>2</sup> ·K/W
$R_{si}$	resistenza superficiale (interna)	m <sup>2</sup> ·K/W
$R_{se}$	resistenza superficiale (esterna)	m <sup>2</sup> ·K/W
$s_d$	spessore equivalente di aria per la diffusione del vapore	m
$\lambda$	conduttività utile di calcolo	W/(m·K)
$\mu$	fattore di resistenza igroscopica	-
$\rho$	massa volumica	Kg/m <sup>3</sup>
$\theta_i$	temperatura (aria interna)	°C
$\theta_e$	temperatura (aria esterna)	°C
$\Delta t$	sfasamento	h



## Risultati per Ambiente

Impianto  
Zona  
Ambiente

Scuola Stacciaburatta  
Piano terra  
Zona termica

Categoria di destinazione d'uso  
Temperatura interna di progetto  
Superficie utile  
Volume netto

[°C]  
[m²]  
[m³]

E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche e assimilabili  
22  
733.55  
2,750.81

Amb. Conf.	Esp.	Tipo	Codice	Descrizione	U [W/m²K] Ψ [W/mK]	Sup. [m²] Lungh. [m]	Te [°C]	ek	Ht [W/K]	Qt [W]
D	SO	OP	EX-01	Parete esterna in XLAM	0.163	72.17	0.16	1.05	12.3519	269.77
D	SO	OP	CAS01	Cassonetto coibentato	1.000	3.84	0.16	1.05	4.0320	88.06
D	SO	TR	FC-01	Facciata 230x241	1.244	11.08	0.16	1.05	14.4727	316.08
D	SO	TR	FC-02	Facciata 580x300	1.248	17.40	0.16	1.05	22.8010	497.97
D	SO	TR	FE-07	Finestra 120x114	1.249	2.72	0.16	1.05	3.5671	77.91
D	SO	TR	FC-08	Facciata 420x300	1.251	12.60	0.16	1.05	16.5507	361.47
D	SO	PT	PT03	Ponte termico infissi	0.157	45.60	0.16	1.05	7.5172	164.17
D	SO	PT	PT05	Ponte termico parete-copertura	0.030	31.95	0.16	1.05	1.0064	21.98
D	SE	OP	EX-01	Parete esterna in XLAM	0.163	149.63	0.16	1.10	26.8287	585.94
D	SE	OP	CAS01	Cassonetto coibentato	1.000	4.62	0.16	1.10	5.0820	110.99
D	SE	TR	FE-07	Finestra 120x114	1.249	8.16	0.16	1.10	11.2110	244.85
D	SE	TR	PV-01	Finestra 120x231	1.240	8.31	0.16	1.10	11.3348	247.55
D	SE	TR	FC-01	Facciata 230x241	1.244	5.54	0.16	1.10	7.5809	165.57
D	SE	TR	FC-03	Finestra 230x241	1.244	5.54	0.16	1.10	7.5809	165.57
D	SE	TR	FC-08	Facciata 420x300	1.251	25.20	0.16	1.10	34.6777	757.36
D	SE	PT	PT03	Ponte termico infissi	0.157	80.18	0.16	1.10	13.8471	302.42
D	SE	PT	PT05	Ponte termico parete-copertura	0.030	55.20	0.16	1.10	1.8216	39.78
D	NE	OP	EX-01	Parete esterna in XLAM	0.163	64.80	0.16	1.20	12.6749	276.82
D	NE	OP	CAS01	Cassonetto coibentato	1.000	5.04	0.16	1.20	6.0480	132.09
D	NE	TR	FC-01	Facciata 230x241	1.244	16.62	0.16	1.20	24.8103	541.86
D	NE	TR	FC-04	Facciata 750x241	1.252	18.07	0.16	1.20	27.1484	592.92
D	NE	TR	FE-07	Finestra 120x114	1.249	2.72	0.16	1.20	4.0767	89.04
D	NE	TR	FC-08	Facciata 420x300	1.251	12.60	0.16	1.20	18.9151	413.11
D	NE	PT	PT03	Ponte termico infissi	0.157	179.60	0.16	1.20	33.8366	738.99
D	NE	PT	PT05	Ponte termico parete-copertura	0.030	31.96	0.16	1.20	1.1506	25.13
D	NO	OP	EX-01	Parete esterna in XLAM	0.163	161.24	0.16	1.15	30.2244	660.10
D	NO	OP	CAS01	Cassonetto coibentato	1.000	4.14	0.16	1.15	4.7610	103.98
D	NO	TR	FC-07	Facciata 628x241	1.242	15.13	0.16	1.15	21.6102	471.97
D	NO	TR	FC-06	Facciata 402x240	1.254	9.65	0.16	1.15	13.9163	303.93
D	NO	TR	FE-07	Finestra 120x114	1.249	5.44	0.16	1.15	7.8137	170.65
D	NO	TR	FC-05	Finestra 350x241	1.251	8.44	0.16	1.15	12.1422	265.19
D	NO	TR	PV-01	Finestra 120x231	1.240	2.77	0.16	1.15	3.9500	86.27
D	NO	PT	PT03	Ponte termico infissi	0.157	52.96	0.16	1.15	9.5619	208.83
D	NO	PT	PT05	Ponte termico parete-copertura	0.030	55.15	0.16	1.15	1.9027	41.55
D	OR(C)	OP	SC-01	Solaio di copertura	0.333	733.55	0.16	1.00	244.2722	5,334.90
D	OR(C)	PT	PT05	Ponte termico parete-copertura	0.030	174.44	0.16	1.00	5.2332	114.29
G		PV	PAVPT	Pavimento su vespaio areato	0.117	733.55	15.23	1.00	51.8300	1,131.97

Dispersioni per trasmissione  
Dispersioni per ventilazione  
Potenza di ripresa  
Carico termico totale

[W]  
[W]  
[W]  
[W]

16,121.03  
6,291.34  
2,934.20  
25,346.56

## Risultati per Zona

Impianto  
Zona

Scuola Stacciaburatta  
Piano terra

Categoria di destinazione d'uso  
Temperatura interna di progetto

[°C]

E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche e assimilabili  
22

Ventilazione

Meccanica

Ambiente	Ti [°C]	Qtr [W]	Qve [W]	Qrh [W]	Qtot [W]
Zona termica	22	16,121.03	6,291.34	2,934.20	25,346.56

Dispersioni totali per trasmissione	[W]	16,121.03
Dispersioni totali per ventilazione	[W]	6,291.34
Potenza di ripresa	[W]	2,934.20
Carico termico totale	[W]	25,346.56

## Risultati per Impianto

Impianto  
Considera

Scuola Stacciaburatta  
Vicini presenti

Categoria di destinazione d'uso  
Temperatura interna di progetto

[°C]

E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche e assimilabili  
22

Zona	Qtr [W]	Qve [W]	Qrh [W]	Qtot [W]
Piano terra	16,121.03	6,291.34	2,934.20	25,346.56

Dispersioni totali per trasmissione	[W]	16,121.03
Dispersioni totali per ventilazione	[W]	6,291.34
Potenza di ripresa	[W]	2,934.20
Carico termico totale	[W]	25,346.56

**Indicatori di prestazione energetica di fabbricato**  
Scuola Stacciaburatta

Dati generali		
Ambito di intervento	Edifici nuovi	
Procedura	Nazionale - D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, e successive modificazioni.	
Zona climatica	D	
Gradi giorno	1,658	
Volume lordo	m <sup>3</sup>	3,449.37

Riscaldamento		Edificio di progetto	Edificio di riferimento
Durata della stagione (UNI/TS 11300-1:2014)		01/11 - 15/04	01/11 - 15/04
Durata della stagione (D.P.R. 412/1993)		01/11 - 15/04	01/11 - 15/04
Superficie disperdente	m <sup>2</sup>	1,551.70	
Superficie utile	m <sup>2</sup>	733.55	
Rapporto S/V	1/m	0.4499	
Rapporto Superficie trasparente / Superficie utile		0.221	
Fabbisogno di energia termica per riscaldamento	kWh	40,806.262	44,078.395
EPH,nd	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	55.629	60.089
EPH,nd,limite (2019/21)	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)		60.089
Qualità involucro		Alta	
Fabbisogno di energia primaria per riscaldamento	kWh	5,421.557	12,163.329
Superficie calpestabile del volume riscaldato	m <sup>2</sup>	733.550	
EPH,nren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	7.391	16.581
EPH,ren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	23.253	26.942
EPH,tot	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	30.644	43.524
Rendimento del sottosistema di emissione, $\eta_e$		0.9900	
Rendimento del sottosistema di regolazione, $\eta_{rg}$		0.9500	
Rendimento del sottosistema di distribuzione, $\eta_d$		0.9241	
Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione, $\eta_u$			0.820
Efficienza media stagionale impianto riscaldamento $\eta_h$		4.8844	2.9434
Verifica efficienza media stagionale		Positiva	
Copertura FER	%	75.8815	

Raffrescamento		Edificio di progetto	Edificio di riferimento
Durata della stagione (UNI/TS 11300-1:2014)		12/05 - 26/09	10/05 - 29/09
Fabbisogno di energia termica per raffrescamento	kWh	15,717.607	20,614.674
Superficie utile	m <sup>2</sup>	733.55	
EPC,nd	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	21.427	28.103
Verifica		Positiva	
Asol,est/ Asup,utile	kWh/m <sup>2</sup>	0.0296	
YIE	W/m <sup>2</sup> K	0.1400	
Qualità involucro		Alta	

Acqua calda sanitaria		Edificio di progetto	Edificio di riferimento
Superficie utile	m <sup>2</sup>	733.55	
Fabbisogno di energia termica per acs	kWh	6,051.287	6,051.287
Fabbisogno di energia primaria per acs	kWh	761.254	2,756.748
EPW,nren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	1.038	3.758
EPW,ren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	9.325	10.763

EPW,tot	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	10.363	14.521
Efficienza media stagionale impianto acs $\eta_w$		2.6555	1.1072
Verifica efficienza media stagionale		Positiva	
Copertura FER	%	89.9858	

Ventilazione		Edificio di progetto	Edificio di riferimento
Fabbisogno di energia termica per ventilazione	kWh	892.420	10,824.887
Superficie utile	m <sup>2</sup>	733.55	
EPV,nren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	1.217	14.757
EPV,ren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	3.252	14.499
EPV,tot	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	4.469	29.256

Illuminazione		Edificio di progetto	Edificio di riferimento
Fabbisogno di energia termica per illuminazione	kWh	1,968.672	4,259.214
Superficie utile	m <sup>2</sup>	733.55	
EPL,nren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	2.684	5.806
EPL,ren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	6.585	5.705
EPL,tot	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	9.269	11.511

Globale		Edificio di progetto	Edificio di riferimento
EPgl,nren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	12.329	40.903
EPgl,nren,rif,standard	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)		81.566
Verifica		Positiva	
Classe energetica		A4	
EPgl,ren	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	42.415	57.910
EPgl,tot	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	54.744	98.812
Coefficiente medio globale di scambio termico, H't		0.35	0.58
Verifica H't		Positiva	
Asol,est/Asup,utile		0.0296	0.0400
Verifica Asol,est/Asup,utile		Positiva	
Emissioni di CO2	KgCO2/(m <sup>2</sup> ·a)	2.908	
Copertura FER	%	77.4788	

Consumi			
Fabbisogno di energia elettrica da rete per ausiliari riscaldamento	kWhe	228.825	
Fabbisogno di energia elettrica da rete per ausiliari acs	kWhe	0.000	
Fabbisogno di energia elettrica da rete per ausiliari ventilazione	kWhe	457.651	
Fabbisogno di energia elettrica da rete per ausiliari illuminazione	kWhe	1,009.575	
Riscaldamento			
Energia elettrica da rete	kWh	2,551.461	
Acqua calda sanitaria			
Energia elettrica da rete	kWh	390.387	

## **ANALISI PONTI TERMICI INTERESSATI DALL'INTERVENTO**

### **Sommario**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>61</b>
<b>2. NORMA DI RIFERIMENTO E METODO DI CALCOLO.....</b>	<b>61</b>
<b>3. VALIDAZIONE DEL METODO DI CALCOLO .....</b>	<b>61</b>
<b>4.PT02 – PONTE TERMICO PAVIMENTO.....</b>	<b>62</b>
<b>5.PT03 – PONTE TERMICO INFISSI.....</b>	<b>68</b>
<b>6.PT05– PONTE TERMICO PARETE COPERTURA .....</b>	<b>73</b>

## 1. PREMESSA

---

Il ponte termico è una discontinuità dell'involucro edilizio nella quale la resistenza termica non è uniforme e cambia in modo significativo; i ponti termici localizzati per la maggioranza dei casi nelle giunzioni tra gli elementi e provocano due effetti:

- Modifica del flusso termico
- Modifica della temperatura superficiale

rispetto agli stessi elementi privi di ponte termico.

La presente relazione riporta la valutazione della trasmittanza lineica  $\psi$  del ponte termico tramite analisi ad elementi finiti, per ponti termico geometrico o strutturale.

Per ciascun ponte termico è analizzata la distribuzione del flusso termico, il coefficiente di accoppiamento termico e la mappa delle temperature interne al nodo. La valutazione del rischio di formazione di muffa e quindi di condensa superficiale si ottiene valutando la temperatura superficiale raggiunta sulla faccia interna.

## 2. NORMA DI RIFERIMENTO E METODO DI CALCOLO

---

Di seguito le norme di riferimento utilizzate per il calcolo.

**UNI EN ISO 10211** – Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures  
General calculation methods.

**UNI EN ISO 13788** - Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods

**UNI EN ISO 6946** - Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method

Il metodo di calcolo utilizzato nella valutazione del ponte termico si basa su quanto indicato dalla norma UNI EN ISO 10211.

La norma specifica la definizione dei limiti geometrici del modello e dei criteri da adottare per la sua suddivisione, le condizioni termiche al contorno, i valori termici e le relazioni da utilizzare.

La norma si fonda sulle seguenti ipotesi:

- le condizioni termiche si intendono stazionarie
- tutte le proprietà fisiche sono indipendenti dalla temperatura
- non ci sono sorgenti di calore all'interno delle strutture edilizie

## 3. VALIDAZIONE DEL METODO DI CALCOLO

---

L'Appendice A della norma UNI 10211 riporta le condizioni generali e i requisiti che deve rispettare il metodo numerico per considerarsi validato.

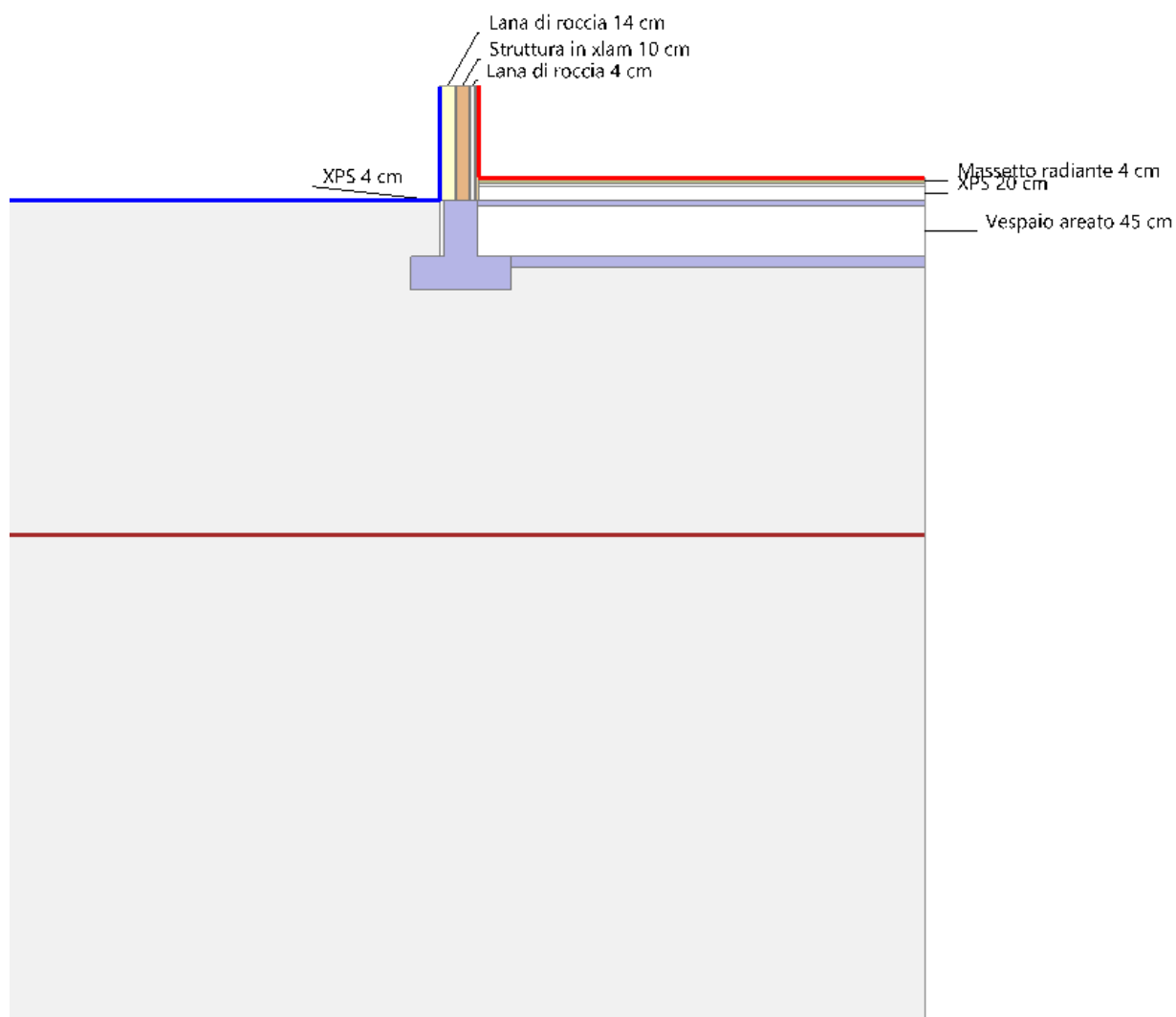
Il presente metodo numerico rispetta tutte le regole contenute nell'appendice A. In particolare:

- Fornisce le temperature e i flussi termici
- Consente di calcolare temperature e flussi termici anche in posizioni diverse da quelle indicate.
- Converge alla soluzione analitica (dove esiste) all'aumentare delle suddivisioni.
- Determina il numero di suddivisioni seguendo questa regola: esegue la somma dei valori assoluti di tutti i flussi termici che entrano nell'oggetto considerato, per  $n$  suddivisioni e per  $2n$  suddivisioni. La differenza tra i due risultati non deve essere maggiore del 2% o in alternativa si aumenta il numero di suddivisioni fino a che il criterio non è soddisfatto.
- Le iterazioni di calcolo proseguono finché la somma di tutti i flussi termici (positivi o negativi) entranti nell'oggetto, divisa per la metà della somma dei valori assoluti dei medesimi flussi termici è minore di 0.001

## 4.PT02 – PONTE TERMICO PAVIMENTO

### DETTAGLI DEL PONTE TERMICO

Si riporta di seguito il modello geometrico di ponte termico con il dettaglio dei materiali componenti e delle conduttività termiche utilizzate nella valutazione della trasmittanza.



### Dettaglio dei materiali

	Materiale	$\lambda$ [W/mK]
1	Armato (con 1% di acciaio)	2,300
2	Rasatura silossani	0,700
3	Lana di roccia tipo Rockwool Frontrock max E	0,036
4	Polietilene o politene (980 kg a m3)	0,500
5	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0,150



6	Intercapedine aria non ventilata 10 mm orizzontale	0,067
7	Lana di roccia 40 kg/mc	0,035
8	Pannello in cartongesso	0,600
9	Pannello in cartongesso	0,600
10	Gomma	0,170
11	Massetto radiante Tipo Paris 2.0	2,020
12	Polistirene espanso estruso XPS	0,035
13	Polistirene espanso estruso XPS	0,035
14	Materassino acustico 8 mm	0,041
15	Calcestruzzo armato (getto)	1,910
16	Aria	0,025
17	Armato (con 1% di acciaio)	2,300
18	Sabbia e ghiaia (2200 kg a m3)	2,000
20	Sabbia e ghiaia (2200 kg a m3)	2,000
20	Polistirene espanso estruso XPS	0,035

## CONDIZIONI AL CONTORNO

La valutazione è eseguita nel comune di empoli - (SI).

Di seguito il dettaglio delle condizioni al contorno utilizzate per la valutazione della trasmittanza termica lineica. Nelle condizioni al contorno sono specificati l'ambiente interno e uno o più ambienti esterni con le relative resistenze di calcolo.

### Dettaglio dei confini

	Confine	T [°C]	R [m²K/W]
1	Temperatura terreno: direzione ascendente del flusso	11,2	0,00
2	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
3	Temperatura esterna: direzione ascendente del flusso	7,0	0,17
4	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
5	Temperatura interna: direzione discendente del flusso	20,0	0,17

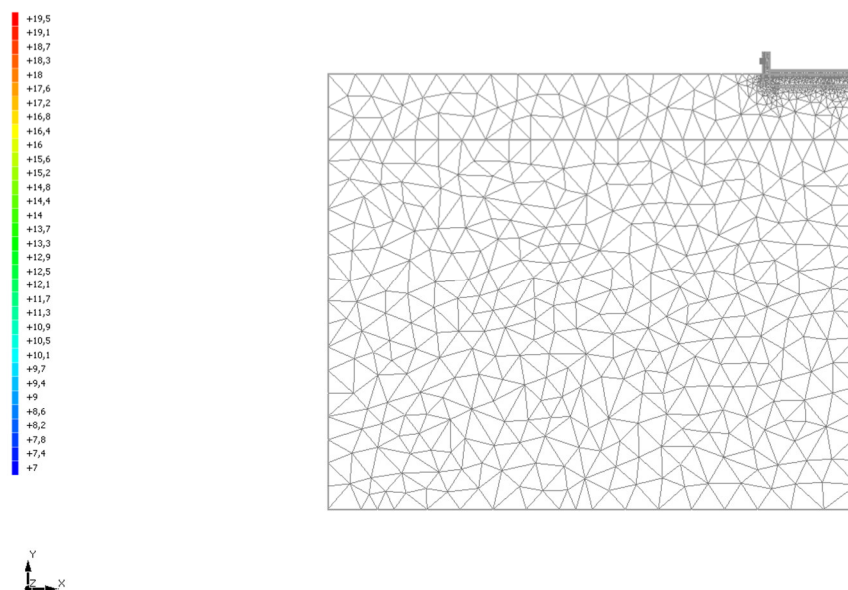
## DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

Per portare a convergenza il risultato finale il Ponte termico calcolato è stato suddiviso in triangoli, la mesh di calcolo.

Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 13.369

Di seguito la rappresentazione della mesh di calcolo del ponte termico:

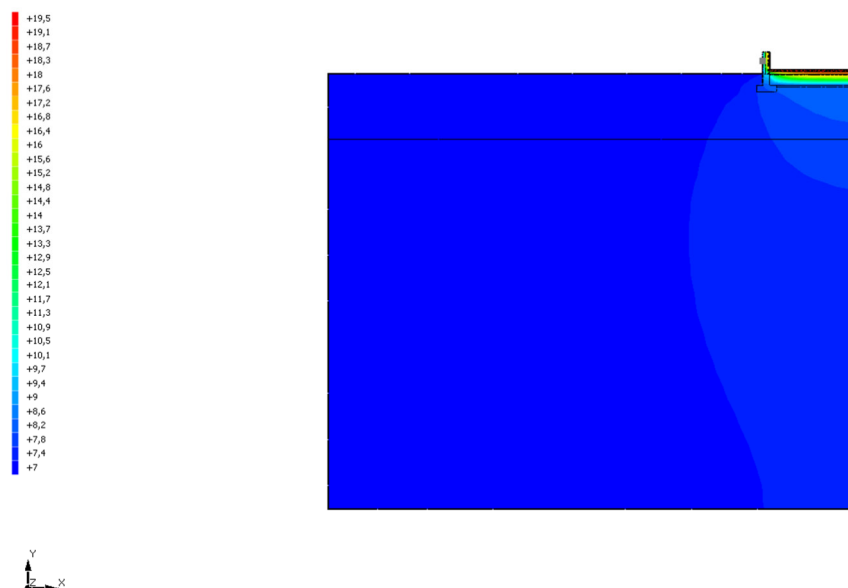
Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
 Parete in slam - pavimento su vespaio areato



## CURVE DI TEMPERATURA

In base al modello di ponte termico e alle sue condizioni al contorno si ottiene la seguente distribuzione di temperatura all'interno degli elementi:

Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
 Parete in slam - pavimento su vespaio areato



## RISULTATI DI CALCOLO

Di seguito vengono esposti i risultati di calcolo relativi alla struttura di ponte termico.

Il principale risultato il flusso termico per ogni metro di lunghezza e per ogni grado di differenza di temperatura: la trasmittanza termica lineica del ponte termico viene ottenuta per differenza tra la dispersione del modello geometrico comprensivo di ponte termico e la dispersione in assenza di discontinuità.

Flusso $\Phi$	6,02	W/m
$\Psi$ interno	0,1694	W/mK
$\Psi$ esterno	0,1134	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	0,46	W/mK
Temperatura minima	18,8	°C

## VALUTAZIONE DEL PONTE TERMICO CORRETTO

---

L'Allegato A del D.Lgs 311/2006 introduce la definizione di ponte termico corretto quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Percentuale di attribuzione del ponte termico alla trasmittanza della struttura corrente 11,5%

## VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

---

Il metodo di calcolo della condensa superficiale su superficie interna è contenuto nella norma UNI EN ISO 13788 che prevede il calcolo del fattore di temperatura superficiale  $f_{Rsi}$  calcolato come segue

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

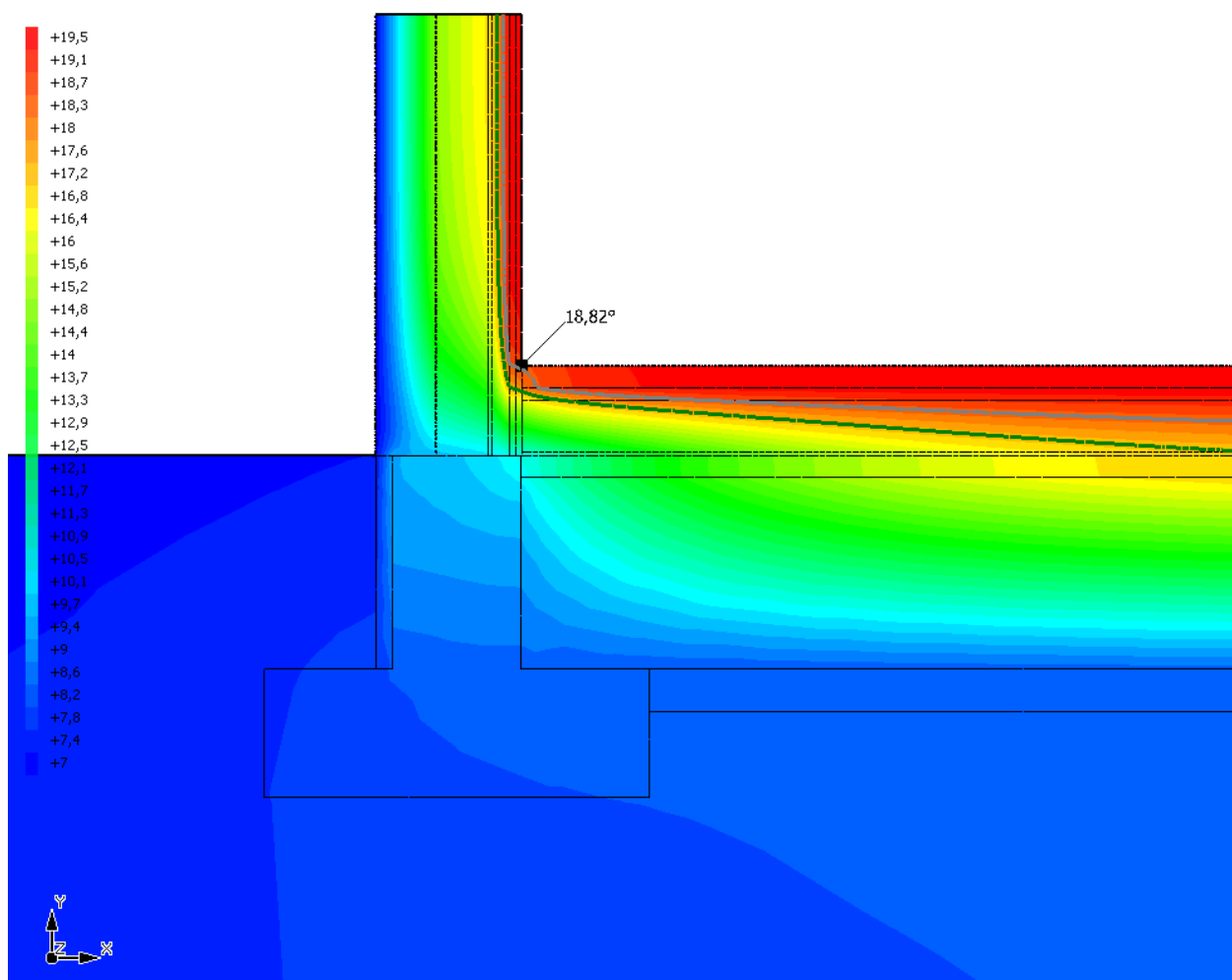
Con  $\theta_{si}$  temperatura superficiale interna [°C]

$\theta_e$  temperatura dell'aria esterna [°C]

$\theta_i$  temperatura dell'aria interna [°C]

# Temperatura T [°C] (calcolo psi)

Parete in xlam - pavimento su vespaio areato



La norma precisa che al fine di evitare formazione di muffa, l'umidità superficiale critica da considerare nella valutazione della pressione di saturazione deve essere pari all' 80%.

I dati climatici utilizzati nella verifica sono riferiti al comune di empoli, SI

Di seguito il dettaglio di pressione e temperatura valutati lungo tutto l'arco dell'anno:

Tipo di calcolo	Umidità relativa interna costante
Classe di edificio	Edifici con indice di affollamento non noto

## Contorno interno - esterno

Mese	Te [°C]	Ti [°C]	$\phi$ [%]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	fRsi
ottobre	16,30	18,00	65	30,5	38,2	-29,87	-∞
novembre	11,30	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,7541
dicembre	7,20	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,8329
gennaio	7,00	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,8354
febbraio	8,30	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,8172
marzo	10,70	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,7700
aprile	13,30	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,6807

**Contorno interno – altro contorno**

Mese	Te [°C]	Ti [°C]	$\varphi$ [%]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	fRsi
ottobre	17,73	18,00	65	30,5	38,2	-29,87	$-\infty$
novembre	15,83	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,4866
dicembre	13,33	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,6791
gennaio	11,28	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,7546
febbraio	11,18	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,7574
marzo	11,83	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,7380
aprile	13,03	20,00	65	1.635,9	2.044,8	17,86	0,6929

*Te temperatura esterna media mensile [°C]**Ti temperatura interna media mensile [°C]* *$\varphi$  umidità relativa interna [%]**Pi pressione interna [Pa]**Psi pressione di saturazione interna [Pa]**Tsi Temperatura superficiale interna [°C]**fRsi Fattore di resistenza superficiale***ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA**

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi 0,909

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm 0,835

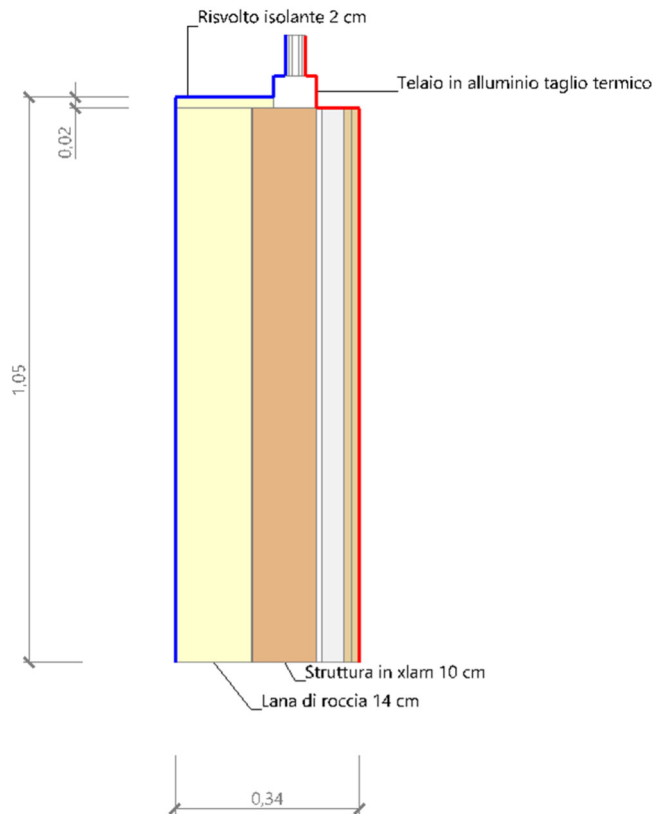
Mese critico Gennaio

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE frsi&gt;frsi,max: assenza di muffa

## 5.PT03 – PONTE TERMICO INFISSI

### DETTAGLI DEL PONTE TERMICO

Si riporta di seguito il modello geometrico di ponte termico con il dettaglio dei materiali componenti e delle conduttività termiche utilizzate nella valutazione della trasmittanza.



### Dettaglio dei materiali

	Materiale	$\lambda$ [W/mK]
1	Rasatura silossani	0,700
2	Lana di roccia tipo Rockwool Frontrock max E	0,036
3	Polietilene o politene (980 kg a m3)	0,500
4	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0,150
5	Intercapedine aria non ventilata 10 mm orizzontale	0,067
6	Lana di roccia 40 kg/mc	0,035
7	Pannello in cartongesso	0,600
8	Pannello in cartongesso	0,600
9	Lana di roccia tipo Rockwool Frontrock max E	0,036
10	Telaio in alluminio taglio termico 8 cm	0,160
11	Vetro	1,000
12	Vetro	1,000

13	Argon	0,017
14	Vetro	1,000
15	Vetro	1,000

## CONDIZIONI AL CONTORNO

---

La valutazione è eseguita nel comune di Empoli - (SI).

Di seguito il dettaglio delle condizioni al contorno utilizzate per la valutazione della trasmittanza termica lineica. Nelle condizioni al contorno sono specificati l'ambiente interno e uno o più ambienti esterni con le relative resistenze di calcolo.

### Dettaglio dei confini

	Confine	T [°C]	R [m²K/W]
1	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
2	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
3	Temperatura esterna: direzione ascendente del flusso	7,0	0,04
4	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
5	Temperatura esterna: direzione ascendente del flusso	7,0	0,04
6	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
7	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
8	Temperatura interna: direzione discendente del flusso	20,0	0,17
9	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
10	Interno	20,0	0,13

## DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

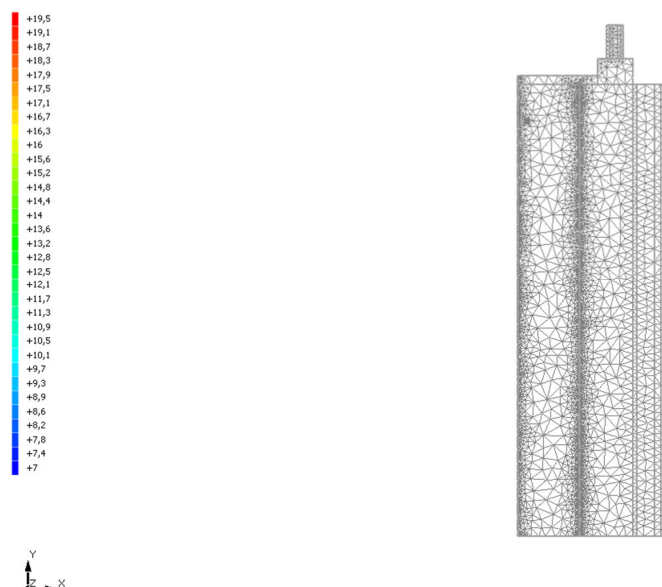
---

Per portare a convergenza il risultato finale il Ponte termico calcolato è stato suddiviso in triangoli, la mesh di calcolo.

Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 4.970

Di seguito la rappresentazione della mesh di calcolo del ponte termico:

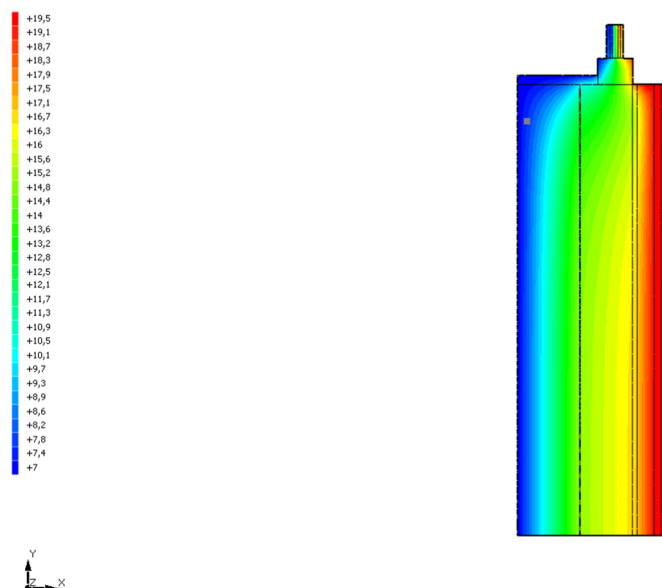
Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
 Parete in slam - serramento filo interno



## CURVE DI TEMPERATURA

In base al modello di ponte termico e alle sue condizioni al contorno si ottiene la seguente distribuzione di temperatura all'interno degli elementi:

Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
 Parete in slam - serramento filo interno



## RISULTATI DI CALCOLO

Di seguito vengono esposti i risultati di calcolo relativi alla struttura di ponte termico.



Il principale risultato il flusso termico per ogni metro di lunghezza e per ogni grado di differenza di temperatura: la trasmittanza termica lineica del ponte termico viene ottenuta per differenza tra la dispersione del modello geometrico comprensivo di ponte termico e la dispersione in assenza di discontinuità.

Flusso $\Phi$	5,37	W/m
$\Psi$ interno	0,1575	W/mK
$\Psi$ esterno	0,1841	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	0,41	W/mK
Temperatura minima	17,4	°C

## VALUTAZIONE DEL PONTE TERMICO CORRETTO

L'Allegato A del D.Lgs 311/2006 introduce la definizione di ponte termico corretto quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Percentuale di attribuzione del ponte termico alla trasmittanza della struttura corrente 2,6%

## VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

Il metodo di calcolo della condensa superficiale su superficie interna è contenuto nella norma UNI EN ISO 13788 che prevede il calcolo del fattore di temperatura superficiale  $f_{Rsi}$  calcolato come segue

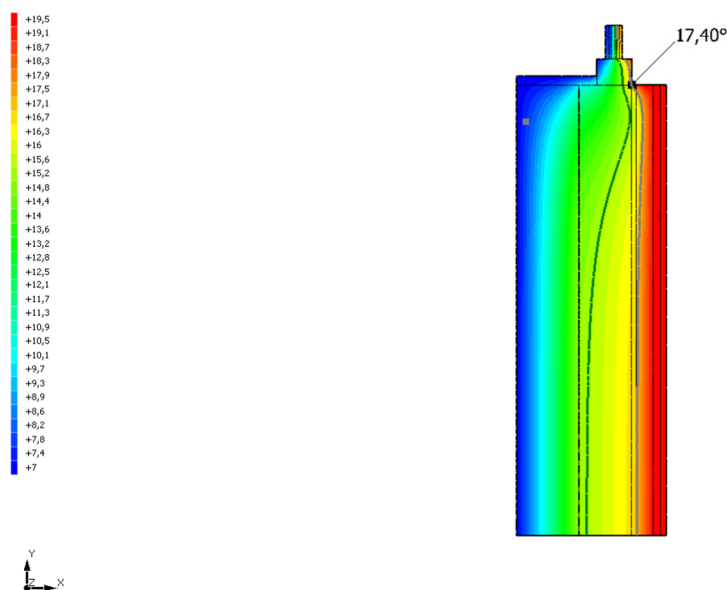
$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Con  $\theta_{si}$  temperatura superficiale interna [°C]

$\theta_e$  temperatura dell'aria esterna [°C]

$\theta_i$  temperatura dell'aria interna [°C]

Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
Parete in silan - serramento filo interno



La norma precisa che al fine di evitare formazione di muffa, l'umidità superficiale critica da considerare nella valutazione della pressione di saturazione deve essere pari all' 80%.

I dati climatici utilizzati nella verifica sono riferiti al comune di Empoli, SI

Di seguito il dettaglio di pressione e temperatura valutati lungo tutto l'arco dell'anno:

Tipo di calcolo	Classi di concentrazione
Classe di edificio	Edifici con indice di affollamento non noto

Mese	Te [°C]	$\varphi_e$ [%]	Pe [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
novembre	11,30	79,9	1.069,4	408,8	1.478,2	1.847,8	16,26	20,00	0,5702
dicembre	7,20	84,5	857,8	554,4	1.412,2	1.765,3	15,55	20,00	0,6520
gennaio	7,00	73,2	733,0	561,5	1.294,5	1.618,1	14,20	20,00	0,5535
febbraio	8,30	72,4	792,3	515,3	1.307,6	1.634,5	14,35	20,00	0,5172
marzo	10,70	72,8	936,3	430,2	1.366,4	1.708,0	15,03	20,00	0,4659
aprile	13,30	71,0	1.083,9	337,8	1.421,7	1.777,2	15,65	20,00	0,3509

*Te temperatura esterna media mensile [°C]*

*$\varphi_e$  umidità relativa esterna [%]*

*Pe pressione esterna [Pa]*

*$\Delta P$  variazione di pressione [Pa]*

*Pi pressione interna [Pa]*

*Psi pressione di saturazione interna [Pa]*

*Tsi Temperatura superficiale interna [°C]*

*fRsi Fattore di resistenza superficiale*

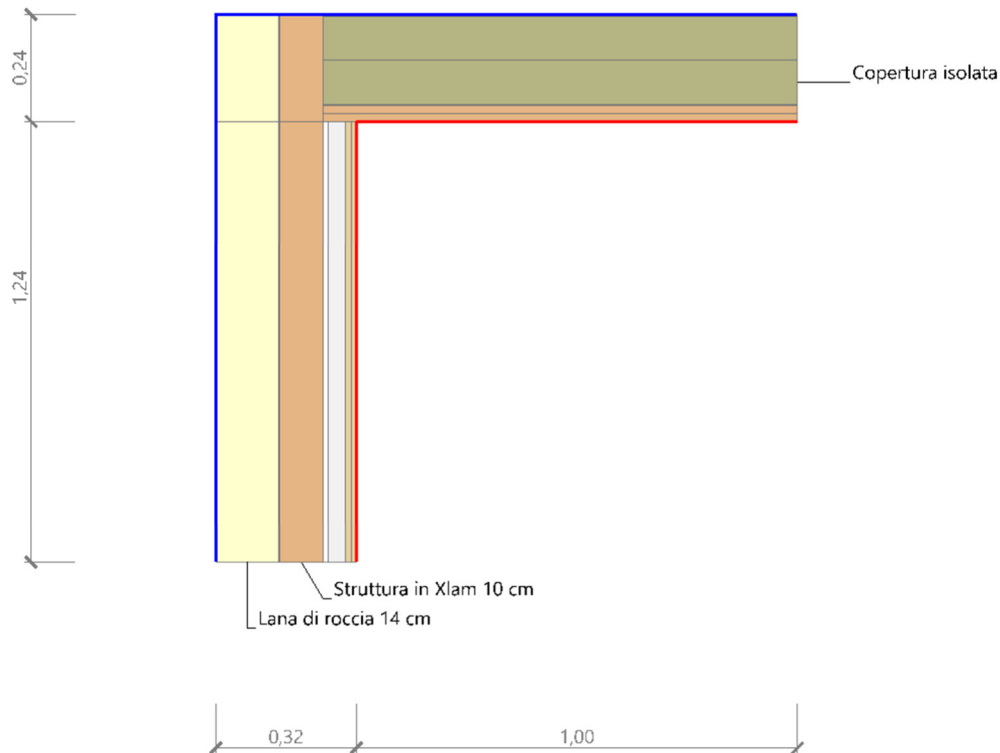
## ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi	0,800
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm	0,652
Mese critico	Dicembre
ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE	fRsi > fRsi,max: assenza di muffa

## 6.PT05– PONTE TERMICO PARETE COPERTURA

### DETTAGLI DEL PONTE TERMICO

Si riporta di seguito il modello geometrico di ponte termico con il dettaglio dei materiali componenti e delle conduttività termiche utilizzate nella valutazione della trasmittanza.



### Dettaglio dei materiali

	Materiale	$\lambda$ [W/mK]
1	Guaina impermeabilizzante bituminosa	0,230
2	Rasatura silossani	0,700
3	Lana di roccia tipo Rockwool Frontrock max E	0,036
4	Polietilene o politene (980 kg a m3)	0,500
5	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0,150
10	Rasatura silossani	0,700
11	Lana di roccia tipo Rockwool Frontrock max E	0,036
12	Polietilene o politene (980 kg a m3)	0,500
13	Abete (flusso parallelo alle fibre)	0,150
14	Intercapedine aria non ventilata 10 mm orizzontale	0,067
15	Lana di roccia 40 kg/mc	0,035
16	Pannello in cartongesso	0,600
17	Pannello in cartongesso	0,600

18	Guaina impermeabilizzante bituminosa	0,230
19	Guaina impermeabilizzante bituminosa	0,230
20	Vetro cellulare granulare	0,078
21	Vetro cellulare granulare	0,078
22	Polietilene o politene (980 kg a m3)	0,500
23	Pannello a fibre orientate (OSB)	0,130
24	Pannello a fibre orientate (OSB)	0,130

## CONDIZIONI AL CONTORNO

---

La valutazione è eseguita nel comune di empoli - (FI).

Di seguito il dettaglio delle condizioni al contorno utilizzate per la valutazione della trasmittanza termica lineica. Nelle condizioni al contorno sono specificati l'ambiente interno e uno o più ambienti esterni con le relative resistenze di calcolo.

### Dettaglio dei confini

	Confine	T [°C]	R [m²K/W]
1	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
2	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
3	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
4	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	7,0	0,04
5	Temperatura esterna: direzione ascendente del flusso	7,0	0,04
6	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
7	Temperatura interna: direzione ascendente del flusso	20,0	0,10

## DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

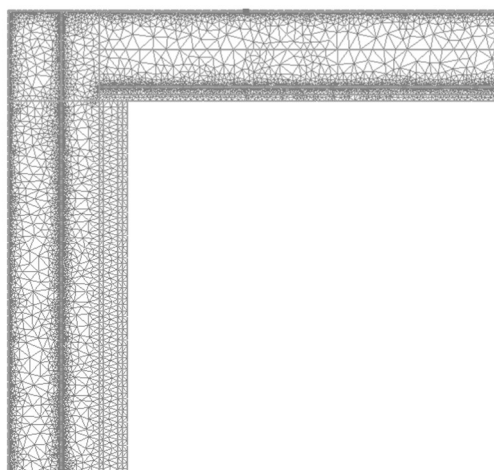
---

Per portare a convergenza il risultato finale il Ponte termico calcolato è stato suddiviso in triangoli, la mesh di calcolo.

Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 12.675

Di seguito la rappresentazione della mesh di calcolo del ponte termico:

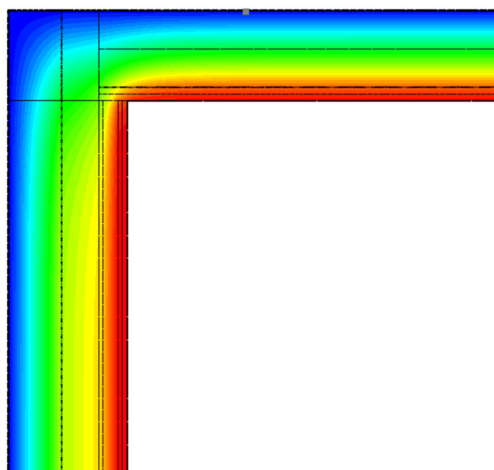
Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
Parete copertura plana



## CURVE DI TEMPERATURA

In base al modello di ponte termico e alle sue condizioni al contorno si ottiene la seguente distribuzione di temperatura all'interno degli elementi:

Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
Parete copertura plana



## RISULTATI DI CALCOLO

Di seguito vengono esposti i risultati di calcolo relativi alla struttura di ponte termico.

Il principale risultato il flusso termico per ogni metro di lunghezza e per ogni grado di differenza di temperatura: la trasmittanza termica lineica del ponte termico viene ottenuta per differenza tra la dispersione del modello geometrico comprensivo di ponte termico e la dispersione in assenza di discontinuità.

Flusso $\Phi$	7,25	W/m
$\Psi$ interno	0,0601	W/mK
$\Psi$ esterno	-0,0860	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	0,56	W/mK
Temperatura minima	18,1	°C

## VALUTAZIONE DEL PONTE TERMICO CORRETTO

L'Allegato A del D.Lgs 311/2006 introduce la definizione di ponte termico corretto quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Percentuale di attribuzione del ponte termico alla trasmittanza della struttura corrente 3,4%

## VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

Il metodo di calcolo della condensa superficiale su superficie interna è contenuto nella norma UNI EN ISO 13788 che prevede il calcolo del fattore di temperatura superficiale  $f_{Rsi}$  calcolato come segue

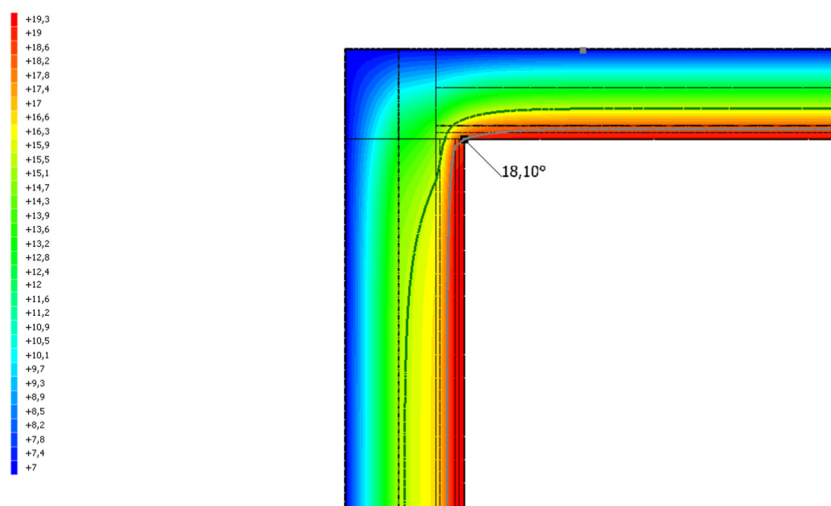
$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Con  $\theta_{si}$  temperatura superficiale interna [°C]

$\theta_e$  temperatura dell'aria esterna [°C]

$\theta_i$  temperatura dell'aria interna [°C]

Temperatura T [°C] (calcolo psi)  
Parete copertura plana



La norma precisa che al fine di evitare formazione di muffa, l'umidità superficiale critica da considerare nella valutazione della pressione di saturazione deve essere pari all' 80%.

I dati climatici utilizzati nella verifica sono riferiti al comune di empoli, FI

Di seguito il dettaglio di pressione e temperatura valutati lungo tutto l'arco dell'anno:

Tipo di calcolo	Classi di concentrazione
Classe di edificio	Edifici con indice di affollamento non noto

Mese	Te [°C]	$\varphi_e$ [%]	Pe [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
novembre	11,30	79,9	1.069,4	408,8	1.478,2	1.847,8	16,26	20,00	0,5702
dicembre	7,20	84,5	857,8	554,4	1.412,2	1.765,3	15,55	20,00	0,6520
gennaio	7,00	73,2	733,0	561,5	1.294,5	1.618,1	14,20	20,00	0,5535
febbraio	8,30	72,4	792,3	515,3	1.307,6	1.634,5	14,35	20,00	0,5172
marzo	10,70	72,8	936,3	430,2	1.366,4	1.708,0	15,03	20,00	0,4659
aprile	13,30	71,0	1.083,9	337,8	1.421,7	1.777,2	15,65	20,00	0,3509

*Te temperatura esterna media mensile [°C]*

*$\varphi_e$  umidità relativa esterna [%]*

*Pe pressione esterna [Pa]*

*$\Delta P$  variazione di pressione [Pa]*

*Pi pressione interna [Pa]*

*Psi pressione di saturazione interna [Pa]*

*Tsi Temperatura superficiale interna [°C]*

*fRsi Fattore di resistenza superficiale*

## ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi	0,854
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm	0,652
Mese critico	Dicembre
ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE	fRsi > fRsi,max: assenza di muffa