



COMUNE DI MALNATE
PROVINCIA DI VARESE

COMUNE DI MALNATE

Provincia di Varese



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

PNRR-M5C2-I2.1: RIGENERAZIONE URBANA - INTERVENTI RELATIVI
ALL'AREA FESTE DI VIA PASTORE - INFISSI, ASCENSORE E SISTEMAZIONE
PARTE ESTERNA, CUCINA E MAGAZZINO COMUNALE - CUP:B24E21000510001

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

0	Maggio 2023	emissione	mav	cf	sdb	1998-E-MEC-VTI-A.doc
rev.	data	descrizione	dis.	contr.	appr.	file

Committente:

COMUNE DI MALNATE
Piazza Vittorio Veneto, 2
21046 Malnate

Progettista:

ing. Giulio Fantoni

Collaboratori:

geom. Armando Garibaldi

tavola:

E-MEC
VTI-A

VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE

scala:

software: AutoCad sn 640-00091175

rif.:

21.1998



STUDIO FANTONI LEONI E ASSOCIATI

giulio fantoni - ingegnere
franco leoni - ingegnere
alba barboni - geometra
simeone de benedictis - ingegnere
carlotta fantoni - architetto

Via Crispi 18 - 21100 Varese - Tel. 0332 288610 - Fax 0332 286788 - info@fantonileoniassociati.it - C.F. e P.IVA 01620950129

RELAZIONE DI CALCOLO DEL PONTE TERMICO

Calcolo della trasmittanza lineica del ponte termico e verifica del rischio di formazione di muffa

EDIFICIO	Via Pastore - Malnate (VA)
RELAZIONE a cura di	Ing. Giulio Fantoni
DATA	17/05/2023
	Firma: 

INDICE

1. PREMESSA METODOLOGICA
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO e METODO DI CALCOLO
3. VALIDAZIONE DEL METODO DI CALCOLO

- 4.4 DETTAGLI DEL PONTE TERMICO - Parete - pavimento su terreno
- 4.5 CONDIZIONI AL CONTORNO
- 4.6 DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI
- 4.7 CURVE DI TEMPERATURA
- 4.8 RISULTATI DI CALCOLO
- 4.9 VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

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 ψ 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.

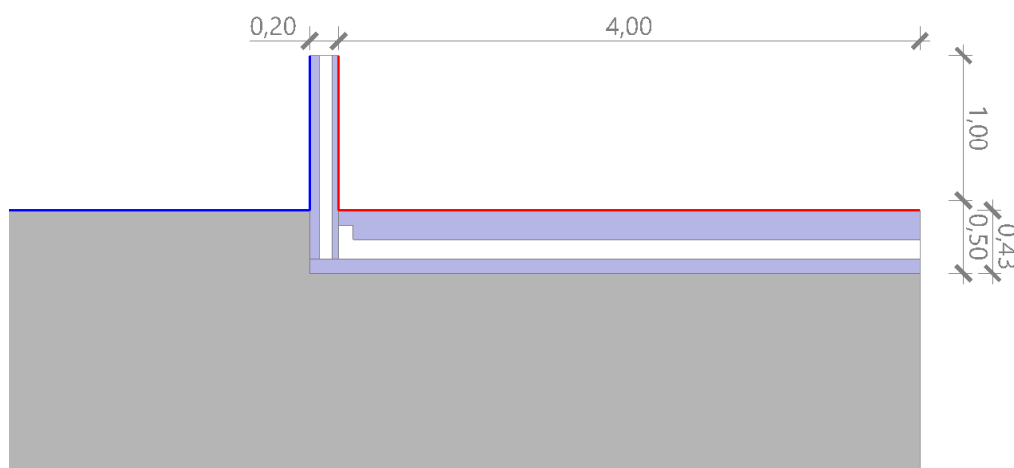
Il presente metodo numerico rispetta tutte le regole contenute nell'appendice A. In particolare:

- 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

4.4 DETTAGLI DEL PONTE TERMICO - Parete - pavimento su terreno

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	λ [W/mK]
6	Armato (con 1% di acciaio)	2,300
7	Pannello isolante in polistirolo	0,045
8	Armato (con 1% di acciaio)	2,300
12	Arenaria (silice)	2,300
2	Resine epossidiche UNI 10351	0,200
4	FOAMGLAS BOARD T4+	0,041
5	Massetto in cls ordinario (sp=12cm)	1,060
3	Massetto in cls ordinario (sp=12cm)	1,060
1	Arenaria (silice)	2,300

4.5 CONDIZIONI AL CONTORNO

La valutazione è eseguita nel comune di Malnate - (VA).
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

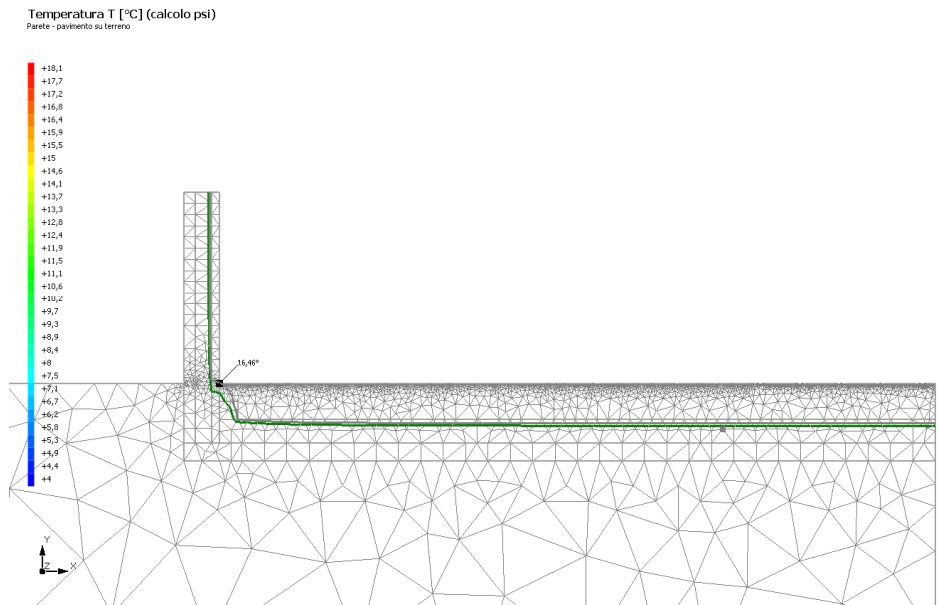
	Confine	T [°C]	R [m²K/W]
1	Temperatura interna: direzione discendente del flusso	19,0	0,17
2	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	19,0	0,13
3	Temperatura terreno: direzione ascendente del flusso	5,7	0,00
4	Esterno	4,0	0,04
5	Esterno	4,0	0,04

4.6 DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

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

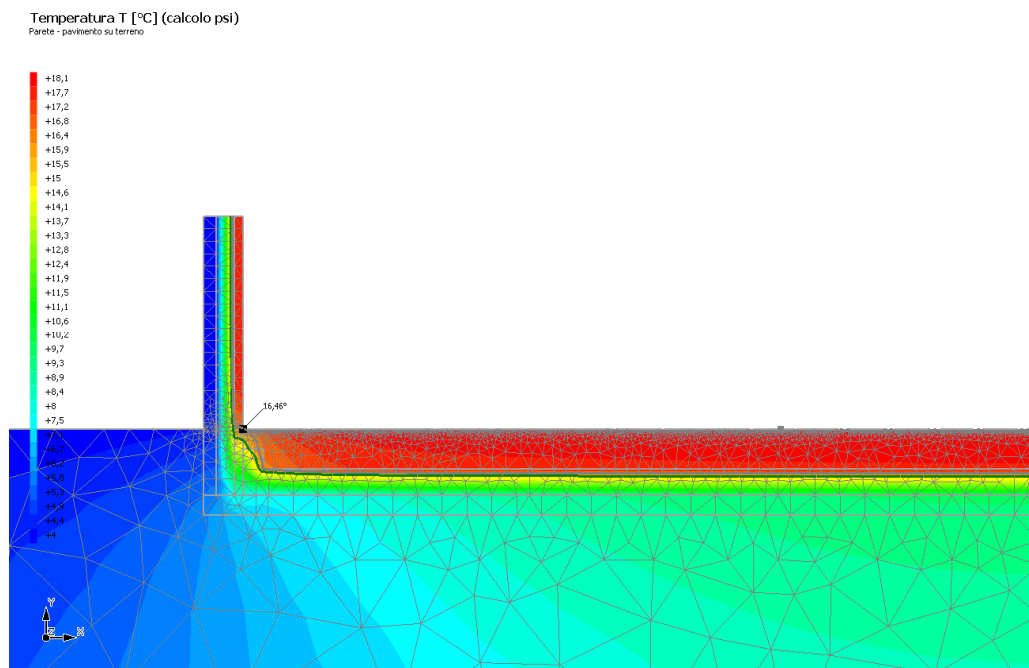
Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 7.333

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



4.7 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:



4.8 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 Φ	21,87	W/m
Ψ interno	0,2372	W/mK
Ψ esterno	0,0937	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	1,46	W/mK
Temperatura minima	16,5	°C

4.9 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 θ_{si} temperatura superficiale interna [°C]

θ_e temperatura dell'aria esterna [°C]

θ_i temperatura dell'aria interna [°C]

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 Malnate, VA

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

Tipo di calcolo	Ricambio d'aria costante e produzione di vapore nota
Classe di edificio	Edifici con indice di affollamento non noto
Volume interno V	1.500,00 m ³
Produzione nota di vapore G	0,20 kg/h

Contorno interno - esterno

Mese	Te [°C]	φ_e [%]	Pe [Pa]	n [1/h]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	f_{Rsi}
ottobre	11,10	83,0	1.096,2	0,50	35,6	1.131,8	1.414,7	12,14	20,00	0,1168
novembre	6,80	96,0	948,2	0,50	35,3	983,5	1.229,3	10,02	20,00	0,2443
dicembre	3,40	91,2	710,6	0,50	35,1	745,7	932,1	5,96	20,00	0,1543
gennaio	-0,40	90,5	534,6	0,50	34,9	569,4	711,8	2,13	20,00	0,1239

Contorno interno – altro contorno

Mese	Te [°C]	φ_e [%]	Pe [Pa]	n [1/h]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	f_{Rsi}
ottobre	14,65	100,0	1.665,9	0,50	35,8	1.701,7	2.127,1	18,49	20,00	0,7178
novembre	11,45	100,0	1.351,4	0,50	35,6	1.387,0	1.733,7	15,27	20,00	0,4465
dicembre	9,30	100,0	1.170,6	0,50	35,5	1.206,0	1.507,6	13,11	20,00	0,3561
gennaio	7,60	100,0	1.043,0	0,50	35,4	1.078,4	1.348,0	11,41	20,00	0,3073
febbraio	5,70	100,0	915,1	0,50	35,2	950,4	1.188,0	9,51	20,00	0,2670
marzo	7,75	100,0	1.053,8	0,50	35,4	1.089,1	1.361,4	11,56	20,00	0,3111
aprile	10,10	100,0	1.235,2	0,50	35,5	1.270,7	1.588,4	13,91	20,00	0,3851

Te temperatura esterna media mensile [°C]

φ_e umidità relativa esterna [%]

Pe pressione esterna [Pa]

n numero di ricambi orari [1/h]

ΔP variazione di pressione [Pa]

Pi pressione interna [Pa]

Psi pressione di saturazione interna [Pa]

Tsi Temperatura superficiale interna [°C]

f_{Rsi} Fattore di resistenza superficiale

ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi	0,830
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm	0,718
Mese critico	Ottobre
ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE	fRsi>fRsi,max: assenza di muffa