

iris 6

MANUALE DEL SOFTWARE

**Simulazione dei ponti termici
agli elementi finiti
secondo UNI EN ISO 10211.**

MANUALE DI UTILIZZO DEL SOFTWARE IRIS 6

Milano, 1° giugno 2026

Documento basato sulla versione IRIS 6.1.0



TECNOLOGIA E PROGETTO

Via Lanzone 31, 20123 Milano (MI)
P. IVA e C. F. 10429290157

INDICE

INTRODUZIONE.....	3
Modelli di calcolo e database.....	3
Attivazione del software.....	4
La suite dei software.....	4
1. MENÙ GENERALE.....	5
(A) Progetto.....	5
(B) Archivio.....	5
(C) Manuale e informazioni.....	6
2. DATI DEL PROGETTO.....	7
3. DATI CLIMATICI ESTERNI.....	8
(A) Selezione della località.....	8
(B) Informazioni generali.....	9
(C) Normativa di riferimento per i dati climatici.....	9
(D) Tabella dei dati climatici esterni.....	10
4. DATI CLIMATICI INTERNI.....	11
(A) Dati noti.....	11
(B) Valori critici.....	13
(C) Dati climatici medi mensili.....	13
5. DATI DELL'EDIFICIO.....	15
(A) Ambito d'applicazione secondo i Requisiti Minimi.....	15
(B) Valori limite e di riferimento della trasmittanza termica.....	15
6. ELENCO COMPONENTI.....	16
(A) Elementi opachi.....	17
(B) Elementi trasparenti.....	17
(C) Cassonetti.....	18
7. ELENCO DEI PONTI TERMICI.....	21
(A) Aggiungi nuovo.....	21
(B) Aggiungi da archivio.....	22
(C) Importa da XML.....	22
(D) Pannello di controllo.....	22
(E) Posizione dell'isolante e coefficiente Ψ_{tab}	22
8. ANALISI DEL PONTE TERMICO.....	24
(A) Nome del ponte termico.....	24
(B) Il disegno del ponte termico.....	24
Comandi di disegno.....	25
(C) Inserimento/modifica dati.....	26
(D) Calcola il ponte termico e assegna una nota.....	30
(E) Materiale in uso.....	30
9. RISULTATI.....	31
(A) Risultati in forma grafica.....	31
Esempio di confronto con indagine termografica.....	38
(B) Risultati in forma tabellare.....	39
APPENDICE A. Il significato di Ψ.....	43
Coefficienti Ψ verso l'ambiente esterno.....	44
Coefficienti Ψ verso locali non riscaldati.....	45
Coefficienti Ψ verso il terreno.....	46
APPENDICE B. Validazione del calcolo.....	48

Tutti i diritti sono riservati

Questo documento è realizzato da Tep Srl ed è aggiornato alla data riportata in copertina. Nessuna parte del presente manuale può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di Tep Srl.

INTRODUZIONE

IRIS 6 è il software sviluppato da TEP srl per l'analisi dei ponti termici agli elementi finiti. Il software si basa su modelli di calcolo conformi alle norme vigenti per l'analisi delle prestazioni energetiche e igrotermiche dell'involucro edilizio ed è allineato alle modalità di verifica definite a livello nazionale dal DM 26/6/2015 e dal DM 28/10/2025.

Modelli di calcolo e database

IRIS implementa i modelli di calcolo forniti dalle seguenti norme:

UNI EN ISO 10211:2018	Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati
UNI EN ISO 14683:2018	Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento
UNI EN ISO 13788:2013	Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13370:2018	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 6946:2018	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 10077-1:2018	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità
UNI EN ISO 10077-2:2018	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 2: Metodo numerico per i telai

Le informazioni presenti negli archivi di IRIS sono ricavate dalle seguenti fonti:

UNI 10351:2021	Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto
UNI 10355:1994	Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
UNI EN ISO 10456:2008	Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto
UNI 10349-1:2016	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata
UNI 10349-2:2016	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto
UNI 10349-3:2016	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici
UNI 10349:1994	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici Dati climatici
UNI/TR 11552:2014	Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici
UNI/TS 11300-1:2014	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

Materiali aziende ANIT	Archivi personalizzati dei materiali aziendali
Dati climatici per il calcolo CasaClima	Le temperature esterne medie mensili per i Comuni in Provincia di Bolzano sono assunte in accordo con il database climatico dell'Alto Adige e non secondo UNI 10349

Attivazione del software

Alla prima installazione del software le opzioni sono:

- Versione a tempo (30 giorni), attivazione completa e gratuita per provare il software prima dell'acquisto.
- Socio ANIT Individuale, attiva le funzioni previste nella SUITE ANIT riservata ai Soci Individuali, l'attivazione sblocca l'uso di tutti i software della suite.
- Soci ANIT Azienda, attiva la versione completa riservata allo staff tecnico delle aziende associate ad ANIT.
- Studenti, attiva la versione completa riservata agli studenti di percorsi formativi (scuole, università) con contratto di collaborazione attivo.
- Sito TEP srl, attiva la versione riservata agli utenti che acquistano il software tramite il portale e-commerce di TEP <https://software.tepsrl.it/>.

Le modalità di attivazione di ogni opzione sono descritte nelle relative schermate.

Una volta attivato il software il numero di giorni rimanenti e la tipologia di attivazione sono riportate sulla copertina del software al momento dell'avvio.

È possibile aggiornare l'attivazione cliccando su ATTIVA dalla copertina del software.



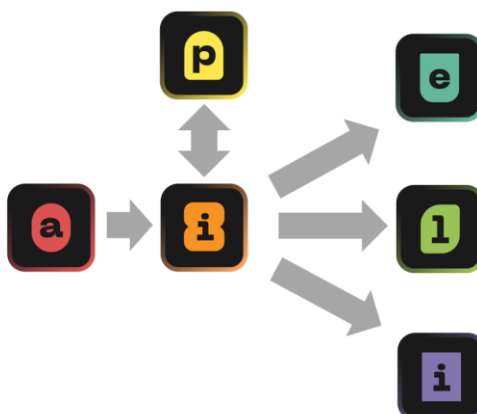
La suite dei software

Il software IRIS può essere utilizzato in coordinamento con gli altri software della suite TEP srl.

I ponti termici simulati con IRIS possono essere costruiti partendo dalle stratigrafie salvate con PAN (pareti, coperture e pavimenti) e dai serramenti analizzati con APOLLO.

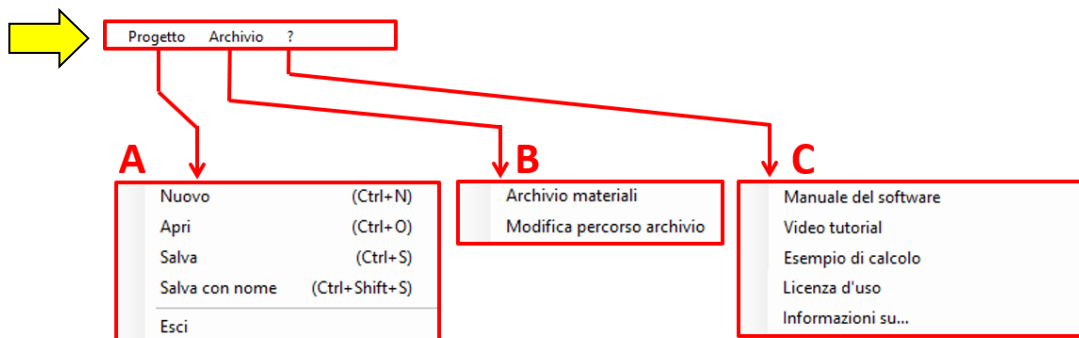
I ponti termici creati con IRIS, a loro volta, possono essere salvati nel database condiviso dei software TEP srl per essere richiamati da:

- PAN: per il calcolo della trasmittanza media comprensiva di ponti termici;
- LETO: per l'analisi del fabbisogno energetico degli edifici e per la predisposizione della relazione tecnica (ex Legge 10) e dell'APE;
- EUREKA: per la verifica della trasmittanza media e del coefficiente H_T ;
- ICARO: per la simulazione di una zona termica in regime dinamico orario.



1. MENÙ GENERALE

Dal menu generale si può accedere ai comandi di gestione del progetto (A), alle funzioni di archivio e gestione del database del software (B) e si possono richiamare il manuale e altre informazioni utili (C).



(A) Progetto

Dalla voce “Progetto” si accede ai comandi standard (nuovo, apri, salva, ecc.) per la gestione del file .iris contenente il progetto delle strutture analizzate.

Il file .iris può essere archiviato in cartelle locali o in cloud e può essere aperto dai software IRIS, EUREKA, LETO e ICARO della suite TEP srl.

Il database del software si chiama anitU.db e si trova nella cartella “Documenti/Software ANIT” del disco fisso. Per gestire il file anitU.db si veda la sezione (B) Archivio.

(B) Archivio

I comandi presenti riguardano l'archiviazione dei materiali nel database e la modifica al percorso di archiviazione.

Archivio materiali

Da questa sezione è possibile gestire/creare/eliminare i materiali creati dall'utente o importati da database esterni.

Per creare un nuovo materiale è necessario selezionare la categoria in cui verrà archiviato dalla tendina “Tipo di materiale” e indicare la fonte di provenienza delle informazioni.

In funzione della categoria, il materiale può essere considerato come omogeneo oppure non omogeneo con differenti modalità di descrizione di alcuni dati tecnici.

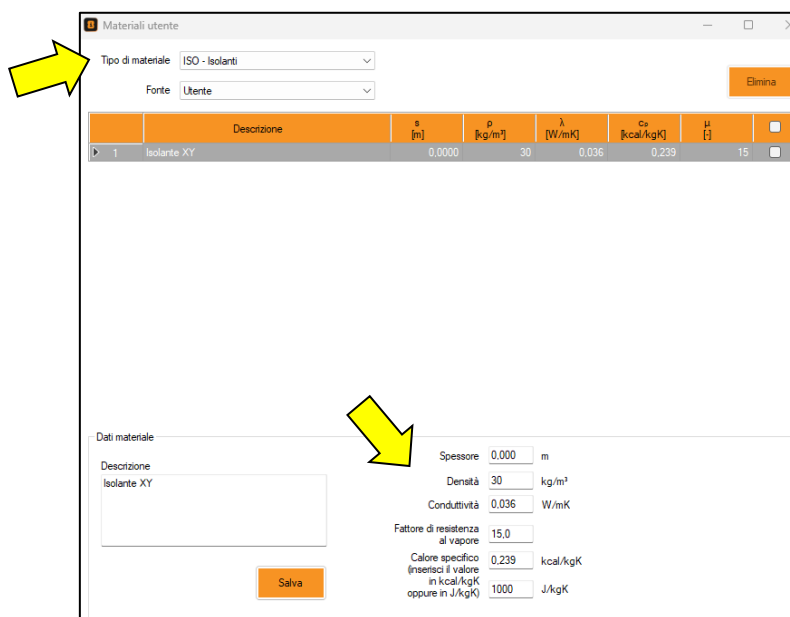
Per i materiali **omogenei** è necessario inserire:

- densità [kg/m³];
- conduttività termica [W/mK];
- fattore di resistenza al vapore [-];
- calore specifico [J/kgK oppure kcal/kgK];

L'inserimento dello spessore è opzionale e rimandabile alla schermata generale del calcolo.

Per i materiali **non omogenei** è necessario inserire:

- spessore rispetto alla direzione del flusso termico [m];
- massa superficiale [kg/m²];
- resistenza termica del prodotto [m²K/W];
- fattore di resistenza al vapore [-]
- calore specifico [J/kgK oppure kcal/kgK].



Materiali utente

Tipo di materiale: ISO - Isolanti

Fonte: Utente

Elimina

	Descrizione	δ [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c_p [kcal/kgK]	μ [s]	
1	Isolante XY	0.0000	30	0.036	0.239	15	

Dati materiale

Descrizione: Isolante XY

Salva

Spessore: 0.000 m

Densità: 30 kg/m³

Conducibilità: 0.036 W/mK

Fattore di resistenza al vapore: 15.0

Calore specifico (inserisci il valore in kcal/kgK oppure in J/kgK): 0.239 kcal/kgK / 1000 J/kgK

Modifica percorso archivio

I software TEP srl condividono il database dei materiali e delle strutture archiviato nel file anitU.db.

Il file anitU.db si trova nella cartella "Documenti/Software ANIT" del disco fisso.

Questo percorso è modificabile a piacere dall'utente.

La modifica effettuata con IRIS vale anche per gli altri software.

(C) Manuale e informazioni

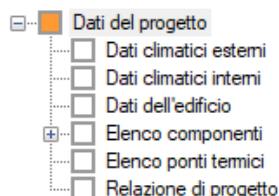
Da questa voce si può richiamare il manuale del software, la pagina con i video tutorial, la pagina con la descrizione della licenza d'uso e le informazioni generali sulla versione installata, sulla data dell'aggiornamento e sugli autori.

2. DATI DEL PROGETTO

La schermata “Dati del progetto” è la prima voce del menu ad albero di IRIS.

Lo scopo della pagina è quello di raccogliere le informazioni generali del progetto da riportare nella relazione finale.

La compilazione di queste informazioni non è obbligatoria e non incide sui risultati del calcolo.



Dati del progetto

Nome del progetto	<input type="text"/>
Committente	<input type="text"/>
Indirizzo	<input type="text"/>
Telefono	<input type="text"/>
E-mail	<input type="text"/>
Calcolo eseguito da	<input type="text"/>
Commento	<div style="border: 1px solid #ccc; height: 100px; vertical-align: top; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: -10px; right: 0;">^</div> <div style="position: absolute; bottom: -10px; right: 0;">v</div> </div>

3. DATI CLIMATICI ESTERNI

La schermata “Dati climatici esterni” presenta le informazioni climatiche della località selezionata (A). I dati visualizzati riportano alcune informazioni generali, come la temperatura di progetto, la zona climatica e i gradi giorno (B), i riferimenti normativi selezionabili per la scelta dei dati (C) e alcuni valori climatici mensili sottoforma tabellare (D).

A Provincia di appartenenza
BA - BARI
Comune di
Bari
Provincia di riferimento per il calcolo dei dati climatici
BA - BARI

B Latitudine 41° 7' 45"
Longitudine 16° 52' 11"
Fuso orario UTC +1
Altitudine s.l.m. 5 m
Temperatura di progetto 0,0 °C
Temperatura media annuale 17,4 °C
Temperatura media stagione di riscaldamento 10,7 °C
Gradi giorno 1185
Zona climatica C
Codice Istat 072006
Codice catastale A662
Durata della stagione di riscaldamento 137 giorni
Irradianza media del mese di massima insolazione 299,6 W/m²
Velocità del vento media annuale 2,7 m/s

C Fonte dei dati climatici
☒ UNI 10349:2016
☐ UNI 10349:1994
☐ Importazione utente
Fonte dei gradi giorno
☒ DPR 412/93
☐ UNI 10349:2016

D

	Te [°C]	Pe [Pa]	URe [%]
Gennaio	9,8	916	75,8
Febbraio	8,9	834	73,2
Marzo	11,8	947	68,5
Aprile	15,2	1009	58,6
Maggio	20,3	1303	54,6
Giugno	24,5	1682	54,8
Luglio	27,4	1827	50,0
Agosto	27,1	1818	50,8
Settembre	22,8	1883	68,0
Ottobre	16,6	1335	70,7
Novembre	14,2	1280	79,1
Dicembre	10,3	956	76,2

(A) Selezione della località

La provincia di appartenenza è l'informazione da inserire per richiamare i dati climatici provinciali in accordo con la norma UNI 10349. I dati riguardano i valori medi mensili di temperatura dell'aria esterna, pressione di vapore dell'aria esterna e l'umidità relativa dell'aria esterna.

Le coordinate geografiche della stazione di riferimento sono riportate tra le informazioni generali (B). La selezione del comune modifica il valore di altitudine sul livello del mare e conseguentemente:

- i valori medi mensili di temperatura e pressione di vapore;
- la temperatura di progetto;
- il valore di gradi giorno.

La selezione della seconda provincia di riferimento serve per modificare i dati climatici della località. Questa modifica avviene secondo due criteri differenti in base alla norma utilizzata (C):

- secondo UNI 10349:2016, la selezione di una seconda provincia diversa dalla prima serve per sostituire i dati climatici della località per quanto riguarda tutti i valori medi mensili e la temperatura di progetto;

- secondo UNI 10349:1994, la selezione di una seconda provincia diversa dalla prima serve per mediare geograficamente il valore dell'irradianza del mese di massima insolazione (B) in base alle latitudini delle due province selezionate e del comune di riferimento.

(B) Informazioni generali

Le coordinate geografiche sono riferite ai dati climatici in accordo con UNI 10349 per la provincia e secondo dati di letteratura per il comune di riferimento.

L'altitudine sul livello del mare è un dato editabile dall'utente per tener conto della differenza tra il valore della località considerata e quella della posizione dell'edificio oggetto d'analisi. La relazione tra l'altitudine e la temperatura dell'aria esterna è la seguente:

$$\theta_e = \theta_{e,r} - (z - z_r) \times d \quad [3.1]$$

dove:

θ_e	temperatura giornaliera media mensile della località considerata [°C]
$\theta_{e,r}$	temperatura giornaliera media mensile nella stazione di rilevazione dei parametri climatici di riferimento [°C]
z	altitudine s.l.m. della località considerata [m]
z_r	altitudine s.l.m. della stazione di rilevazione dei parametri climatici di riferimento [m]
d	gradiente verticale di temperatura ricavabile dalla UNI 10349 [°C/m]

Il valore dei gradi giorno è preso dalla UNI 10349:2016 oppure dal DPR 412/93 in base alla selezione fatta nella sezione (C).

Gli altri valori della sezione (B) sono ricavati dai dati climatici normati.

Si ricorda che secondo il DM 26/6/15, quando il valore dell'irradianza media del mese di massima insolazione supera i 290 W/m² è obbligatoria la verifica dell'inerzia delle strutture opache (da analizzare con il software PAN). In questi casi la casella dell'irradianza si colora di giallo.

(C) Normativa di riferimento per i dati climatici

La selezione di *default* di questa sezione è impostata:

- per la fonte dei dati climatici, in accordo con la norma UNI 10349:2016,
- per la fonte dei gradi giorno, in accordo con il DPR 412/93.

Questa distinzione è necessaria dal momento che il DPR 412/93, seppure datato, ha tuttora un peso legislativo superiore alla norma del 2016 e deve essere pertanto utilizzato per la definizione dei gradi giorno e della zona climatica.

Le condizioni di *default* possono essere modificate a piacere dall'utente.

Le principali differenze tra le due versioni della norma UNI 10349 sono:

	UNI 10349:2016	UNI 10349:1994
Entrata in vigore	Giugno 2016	Aprile 1994
Dati medi mensili	Per ogni stazione di rilevazione provinciale.	Per ogni capoluogo di provincia.
Gradi giorno	Calcolati in base alla temperatura della località.	Informazione non presente nella norma. Il valore è preso dal DPR 412/93.
Seconda provincia di riferimento	L'informazione serve per attribuire i dati climatici medi mensili e i dati di temperatura oraria del giorno tipico estivo della seconda provincia selezionata alla località di riferimento. La selezione modifica anche il valore della temperatura di progetto, della temperatura media annuale, della	L'informazione serve per mediare geograficamente il valore dell'irradianza media del mese di massima insolazione in base alle latitudini delle due province selezionate e del comune di riferimento. La selezione modifica anche il valore mensile di irradiazione

	temperatura media nella stagione di riscaldamento, dei gradi giorno e dell'irradianza media del mese di massima insolazione.	solare globale giornaliera sul piano orizzontale.
Temperatura di progetto	Per ogni stazione di rilevazione provinciale.	Informazione non presente nella norma. Il valore è preso dalla UNI 12831.

(D) Tabella dei dati climatici esterni

La tabella mostra i dati medi mensili di temperatura dell'aria esterna, pressione di vapore esterna e umidità relativa esterna.

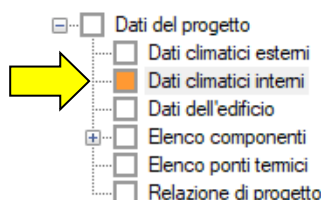
θ_e	Temperatura dell'aria esterna		
[°C]	[Pa]	[%]	
9,8	916	75,8	

Passando il puntatore del mouse sulla tabella viene visualizzato il nome esteso di ogni parametro.

4. DATI CLIMATICI INTERNI

La schermata “Dati climatici interni” consente di definire le condizioni climatiche interne a partire dai dati climatici esterni in accordo con i metodi proposti dalla norma UNI EN ISO 13788:2013 “Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia”.

La definizione di tali valori si basa sulla scelta della tipologia dei dati noti (A) e porta a identificare i valori critici per la verifica del rischio muffa (B) e i dati climatici medi mensili (C).



Dati climatici interni

A Dati noti

☒ Classe di concentrazione del vapore all'interno

☐ Temperatura interna e umidità relativa interna costanti

☐ Ricambio d'aria e produzione di vapore

Condizioni standard di legge

Condizioni direttiva CasaClima

Classi di concentrazione del vapore all'interno degli ambienti

☐ Classe 1 - Magazzini per stoccaggio di materiale secco, edifici non occupati

☐ Classe 2 - Uffici, negozi, alloggi con ventilazione meccanica controllata

☒ Classe 3 - Alloggi senza ventilazione meccanica controllata, edifici con indice di affollamento non noto

☐ Classe 4 - Palestre, cucine, mense

☐ Classe 5 - Edifici particolari, per esempio lavanderie, distillerie, piscine

B

Mese critico per la condensa: Febbraio

Resistenza minima per evitare condensa: 0,315 m²K/W

Mese critico per il rischio muffa: Novembre

Resistenza minima per evitare rischio muffa: 0,551 m²K/W

C

	θ_e [°C]	P_e [Pa]	UR_e [%]	UA_e [g/kg]	θ_i [°C]	P_i [Pa]	UR_i [%]	UA_i [g/kg]	P_{am} [Pa]	θ_{am} [°C]	θ_{sc} [°C]	f_{Ram} [-]	f_{Rec} [-]
Gennaio	9,8	916	75,8	5,7	20,0	1379	59,0	8,6	1724	15,2	11,8	0,528	0,193
Febbraio	8,9	834	73,2	5,2	20,0	1329	56,8	8,3	1661	14,6	11,2	0,514	0,207
Marzo	11,8	947	68,5	5,9	20,0	1338	57,3	8,3	1673	14,7	11,3	0,355	-0,061
Aprile	15,2	1009	58,6	6,3	18,0	1281	62,1	8,0	1601	14,0	10,6	-0,400	-1,599
Maggio	20,3	1303	54,6	8,1	20,3	1403	58,8	8,7	1754	15,4	12,0	-	-
Giugno	24,5	1682	54,8	10,5	24,5	1782	58,1	11,1	2227	19,2	15,7	-	-
Luglio	27,4	1827	50,0	11,4	27,4	1927	52,7	12,1	2409	20,5	16,9	-	-
Agosto	27,1	1818	50,8	11,4	27,1	1918	53,6	12,0	2397	20,4	16,8	-	-
Settembre	22,8	1883	68,0	11,8	22,8	1983	71,6	12,4	2478	21,0	17,4	-	-
Ottobre	16,6	1335	70,7	8,3	18,0	1556	75,4	9,7	1944	17,1	13,6	0,324	-2,183
Novembre	14,2	1280	79,1	8,0	20,0	1586	67,9	9,9	1982	17,4	13,9	0,546	-0,054
Dicembre	10,3	956	76,2	5,9	20,0	1400	59,9	8,7	1749	15,4	12,0	0,525	0,171

(A) Dati noti

L'impostazione dei dati noti è definita in accordo con la norma UNI EN ISO 13788:2013.

Le opzioni sono:

- **Classe di concentrazione del vapore all'interno:** l'utente sceglie una classe da 1 a 5 in base alla tipologia d'utenza degli ambienti interni. Ad ogni classe corrisponde un incremento di pressione (ΔP) che sommato alla pressione esterna porta alla definizione del valore della pressione interna.
- **Temperatura interna e umidità relativa interna costanti:** l'utente sceglie un valore di temperatura e di umidità relativa. Questa scelta è adottata come condizione interna fissa per tutti i mesi calcolati. I valori di 20°C e 65% UR suggeriti sono le condizioni per le verifiche igrometriche in accordo con il DLgs 192/05 e s.m.i. (condizioni di calcolo in vigore prima del 1° ottobre 2015).

- **Ricambio d'aria e produzione di vapore:** le condizioni interne sono calcolate a partire dal numero di ricambi d'aria, dal volume dell'ambiente interno (volume netto d'aria) e dalla produzione di vapore (il valore proposto di 0.25 kg/h è preso dalla UNI/TS 11300 parte 1 punto 13.2.1 come riferimento per gli edifici residenziali).

Dei suddetti 3 metodi il software mostra come scelta di *default* il primo metodo con la selezione della classe 3 come suggerito dal DM 26/6/15 e DM 28/10/2025 (Decreti sui requisiti minimi).

Attenzione: condizioni interne critiche per i mesi non riscaldati

Può accadere che per alcune località i mesi vicini all'inizio o alla fine della stagione di riscaldamento (ad esempio settembre, ottobre o aprile) abbiano una temperatura di rischio muffa maggiore della temperatura interna. Questa situazione porta a non poter soddisfare il requisito di assenza di rischio muffa attraverso la progettazione del ponte termico.

In questi casi IRIS:

- mostra una nota per porre all'attenzione dell'utente il problema e sottolineare l'importanza di agire anche sul controllo dell'umidità interna dei locali;
- evidenzia in rosso il fattore di temperatura di rischio muffa del mese peggiore,
- sceglie un secondo mese critico con cui condurre la verifica del rischio di muffa.

Esempio: i dati climatici del comune di Cuneo (CN) mostrano che a settembre la temperatura climatica interna è pari a 18,0°C, ma la temperatura minima di rischio muffa è di 18,3°C.

In queste condizioni non è possibile portare la temperatura superficiale del ponte termico sopra la soglia di criticità, quindi il software mostra la nota con le indicazioni sopra descritte e sceglie un altro mese (in questo caso novembre) per procedere alla verifica.

	θ_e [°C]	P_e [Pa]	UR_e [%]	UA_e [g/kg]	θ_i [°C]	P_i [Pa]	UR_i [%]	UA_i [g/kg]	P_{sm} [Pa]	θ_{sm} [°C]	θ_{sc} [°C]	f_{Ram} [-]	f_{Rsc} [-]
Gennaio	0,6	466	72,9	2,9	20,0	1254	53,6	7,8	1567	13,7	10,3	0,675	0,500
Febbraio	2,5	508	69,3	3,1	20,0	1228	52,5	7,6	1535	13,4	10,0	0,621	0,428
Marzo	7,0	610	60,8	3,8	20,0	1170	50,1	7,3	1463	12,6	9,3	0,433	0,174
Aprile	9,9	789	64,9	4,9	20,0	1249	53,5	7,8	1561	13,6	10,3	0,373	0,039
Maggio	15,6	1171	66,1	7,3	18,0	1427	69,2	8,9	1784	15,7	12,3	0,048	-1,382
Giugno	20,3	1562	65,6	9,7	20,3	1662	69,8	10,4	2078	18,1	14,6	-	-
Luglio	22,1	1601	60,1	10,0	22,1	1701	63,8	10,6	2127	18,5	15,0	-	-
Agosto	20,4	1842	77,0	11,5	20,4	1942	81,2	12,2	2428	20,6	17,0	-	-
Settembre	16,2	1448	78,7	9,0	18,0	1683	81,6	10,5	2104	18,3	14,8	1,175*	-0,760
Ottobre	11,2	1040	78,5	6,5	20,0	1454	62,2	9,1	1818	16,0	12,6	0,548	0,158
Novembre	5,6	824	90,7	5,1	20,0	1436	61,4	8,9	1795	15,8	12,4	0,709	0,470
Dicembre	0,8	514	79,6	3,2	20,0	1296	55,5	8,1	1620	14,2	10,8	0,699	0,522

*La combinazione dei valori di temperatura e umidità porta ad un fattore di temperatura maggiore di 1. Pertanto, non è possibile risolvere il problema del rischio di formazione di muffa attraverso il solo isolamento termico della stratigrafia, ma occorre agire sull'umidità degli ambienti interni attraverso una corretta progettazione dei ricambi d'aria.
In questo caso il calcolo è condotto con le condizioni climatiche del secondo mese più critico (con fattore di temperatura minore di 1). Consigliamo di porre attenzione alla ventilazione dei locali interni.

Condizioni Direttiva CasaClima:

☒ Condizioni direttiva
CasaClima

Selezionando la casella si attivano le condizioni di calcolo e controllo dei ponti termici in accordo con la Direttiva CasaClima, ovvero:

- Il valore di resistenza superficiale interna R_{si} attribuito a tutte le superfici opache interne è pari a 0.25 m²K/W.
- Il mese critico considerato è il mese con la temperatura esterna media più bassa.
- La temperatura superficiale minima di verifica dei ponti termici (in tabella indicata come $\theta_{s,nvmc}$) è pari a 17.0°C per gli edifici senza VMC e pari a 12.6°C ($\theta_{s,vmc}$) per gli edifici dotati di VMC. Queste temperature corrispondono ad un valore di UR interna di circa 66% per gli edifici senza VMC e 50% per gli edifici dotati di VMC.

- Le temperature esterne medie mensili per i Comuni in provincia di Bolzano sono assunte in accordo con il database climatico dell'Alto Adige e non secondo UNI 10349 come richiesto dalla direttiva provinciale.

(B) Valori critici

Questa sezione mostra i due mesi critici (anche coincidenti) per l'analisi della condensa superficiale e del rischio di muffa. I mesi critici sono quelli col fattore di temperatura di rischio più alto riportato nella sezione (C):

- fR_{sc} , fattore di temperatura di condensazione;
- fR_{sm} , fattore di temperatura per il rischio muffa.

I valori di resistenza minima per evitare condensa e per evitare il rischio muffa sono calcolati in accordo con UNI EN ISO 13788 come:

$$R_{critica} = \frac{1}{U_{critica}} = \frac{1}{4 \cdot (1 - fR)} \quad [4.1]$$

dove:

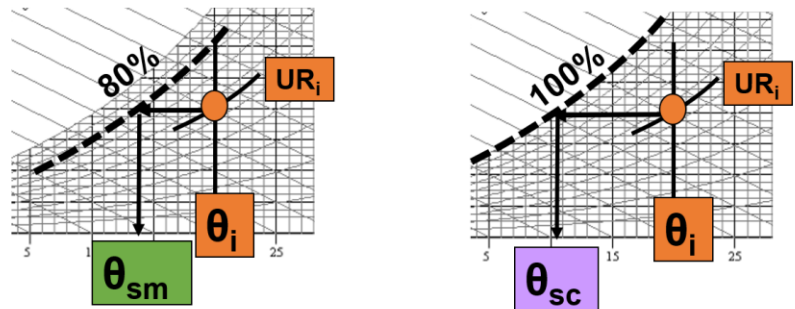
$R_{critica}$	resistenza termica critica (minima accettabile) [m ² K/W]
$U_{critica}$	trasmittanza termica critica [W/m ² K]
fR	fattore di rischio massimo [-] individuato nella tabella alla sezione (C)

(C) Dati climatici medi mensili

La tabella mostra i valori medi mensili utilizzati nel calcolo con evidenza dei mesi critici per il rischio muffa e condensa superficiale.

I dati riportati in tabella sono:

- $\theta_e, P_e, UR_e, UA_e$ temperatura dell'aria esterna [°C], pressione di vapore dell'aria esterna [Pa], umidità relativa dell'aria esterna [%] e umidità assoluta dell'aria esterna [g/kg] della località indicata nella schermata "Dati climatici esterni";
- θ_i temperatura dell'aria interna [°C] definita in accordo con UNI EN ISO 13788 come segue:
 - pari a 20°C per i mesi con riscaldamento attivo,
 - pari a 18°C per i mesi senza riscaldamento e con temperatura esterna inferiore a 18°C,
 - pari alla temperatura esterna per gli altri mesi;
- P_i, UR_i, UA_i pressione di vapore dell'aria interna [Pa], umidità relativa dell'aria interna [%] e umidità assoluta dell'aria interna [g/kg], ricavati in accordo con UNI EN ISO 13788 in base al metodo selezionato nella sezione (A) della schermata;
- P_{sm} pressione di vapore superficiale minima per il rischio muffa [Pa];
- θ_{sm}, θ_{sc} temperatura superficiale minima di rischio muffa θ_{sm} [°C] e temperatura superficiale minima di condensazione θ_{sc} (detta anche temperatura di rugiada) [°C]. Tali valori sono ricavati a partire dalle condizioni climatiche interne di temperatura θ_i e umidità relativa UR_i .
Graficamente si può utilizzare il diagramma psicrometrico e intercettare le curve UR 80% e 100% per ricavare rispettivamente i valori di temperatura superficiale minima di rischio muffa e condensazione.



— fR_{sm} e fR_{sc}

fattore di temperatura per il rischio muffa fR_{sm} [-] e fattore di temperatura di condensazione fR_{sc} [-] ricavati come:

$$f_{rischio} = \frac{\theta_{rischio} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [4.2]$$

dove:

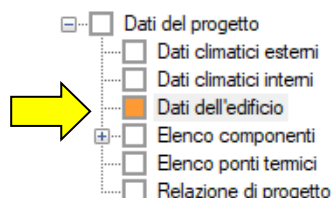
- $f_{rischio}$ fattore di temperatura [-] pari a fR_{sm} per il rischio muffa oppure fR_{sc} per la condensazione;
- $\theta_{rischio}$ temperatura di rischio [°C] pari alla temperatura superficiale minima di rischio muffa θ_{sm} o alla temperatura superficiale minima di condensazione θ_{sc} ;
- θ_e temperatura dell'aria esterna [°C];
- θ_i temperatura dell'aria interna [°C].

Temperatura dell'aria esterna			
θ_e	[°C]	[Pa]	[%]
	9,8	916	75,8

Passando il puntatore del mouse sulla tabella viene visualizzato il nome esteso di ogni parametro.

5. DATI DELL'EDIFICIO

La schermata “Dati dell'edificio” prevede la selezione dell'ambito d'applicazione dell'intervento e della destinazione d'uso (A) e mostra i valori limite e di riferimento della trasmittanza termica (B).



Dati dell'edificio

A

Ambito di applicazione secondo i Requisiti minimi

☐ Nuova costruzione
☐ Demolizione e ricostruzione
☐ Ampliamento con estensione di impianto
☒ Ristrutturazione importante di 1° livello
☐ Ristrutturazione importante di 2° livello
☐ Riqualificazione energetica
☐ Edificio esistente senza necessità di confronto con i limiti

☒ Detrazioni fiscali

Destinazione d'uso

☒ Privato
☐ Pubblico

B

Zona climatica **F**

Data di richiesta titolo abilitativo

	Coperture	Pareti	Pavimenti
Trasmittanza dell'edificio di riferimento U_{rif} [W/m ² K]	0,20	0,24	0,24
Trasmittanza massima detrazioni fiscali U_{bonus} [W/m ² K]	0,19	0,22	0,23

(A) Ambito d'applicazione secondo i Requisiti Minimi

La scelta è finalizzata all'identificazione dei valori riportati nella sezione (B) in accordo con le regole dei Requisiti Minimi e di accesso alle Detrazioni fiscali.

Le opzioni disponibili sono:

- Nuova costruzione, Demolizione e ricostruzione, Ampliamento con nuovo impianto
- Ampliamento con estensione di impianto
- Ristrutturazione importante di 1° livello
- Ristrutturazione importante di 2° livello
- Riqualificazione energetica
- Edificio esistente senza necessità di confronto con i limiti

La Data di richiesta del titolo abilitativo e la Destinazione d'uso (privata o pubblica) servono per identificare i valori riportati nella tabella della sezione (B).

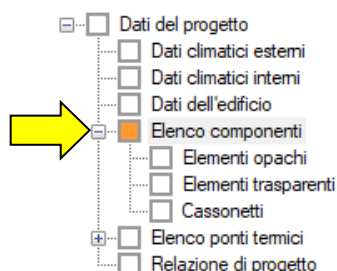
(B) Valori limite e di riferimento della trasmittanza termica

La tabella mostra i valori di U_{rif} , U_{lim} e U_{bonus} con i criteri indicati nella descrizione della sezione (A).

6. ELENCO COMPONENTI

La descrizione dei componenti rappresenta l'abaco degli elementi utili per la descrizione dei nodi architettonici da analizzare in "Elenco dei ponti termici". I componenti possono essere richiamati da archivio o da file già elaborati con i software PAN e APOLLO e possono essere riportati nella relazione finale di IRIS.

I componenti si distinguono in "Elementi opachi" (A), "Elementi trasparenti" (B) e "Cassonetti" (C).



A

Elementi opachi | Elementi trasparenti | Cassonetti

	Descrizione	U [W/m²K]	s [m]				
1	P01_Parete esistente	0,673	0,420	Modifica	Duplica	Elimina	Aggiungi nuovo Aggiungi da archivio Importa progetto PAN
2	Parete A - isolamento esterno	0,243	0,410	Modifica	Duplica	Elimina	

B

Elementi opachi | Elementi trasparenti | Cassonetti

	Descrizione	Uw [W/m²K]	s [m]				
1	A_2.36x1.50_U1.3	1,154	0,100	Modifica	Duplica	Elimina	Aggiungi nuovo Aggiungi da archivio Importa progetto APOLLO
2	B_1.55x2.40_U1.3	1,211	0,120	Modifica	Duplica	Elimina	
3	D_0.75x0.95_U1.3	1,242	0,130	Modifica	Duplica	Elimina	

C

Elementi opachi | Elementi trasparenti | Cassonetti

	Descrizione	U [W/m²K]	A [m²]				
1	Cassonetto per strutture precomilate	2,000	0,300	Modifica	Duplica	Elimina	Salva
2	SB1	2,645	0,340	Modifica	Duplica	Elimina	Salva

Aggiungi calcolo semplificato
 Aggiungi calcolo analitico
 Aggiungi da archivio

(A) Elementi opachi

Gli elementi opachi presenti in questa sezione rappresentano un abaco delle stratigrafie di progetto che l'utente può:

- richiamare con un click, tramite un menu a tendina, nella fase di costruzione di un ponte termico;
- includere nella relazione finale per conservare le informazioni dettagliate delle strutture coinvolte nella descrizione del ponte termico.

La compilazione di questa sezione non è obbligatoria: è sempre possibile infatti evitare la creazione dell'elenco degli elementi opachi e aggiungere direttamente nel nodo i materiali che compongono le stratigrafie.

La creazione degli elementi opachi può essere fatta nelle seguenti tre modalità:

- 1- cliccando su "Aggiungi nuovo" per creare da zero una stratigrafia di una parete, un soffitto o un pavimento;
- 2- cliccando su "Aggiungi da archivio" per richiamare un elemento precedentemente salvato nel proprio database attraverso il software PAN, oppure una stratigrafia inclusa nella norma UNI/TR 11552;
- 3- cliccando su "Importa progetto PAN" per aprire un file già elaborato in formato .pan.

(B) Elementi trasparenti

Gli elementi trasparenti presenti in questa sezione rappresentano un abaco dei serramenti di progetto che l'utente può:

- richiamare con un click, tramite un menu a tendina, nella fase di costruzione di un ponte termico.

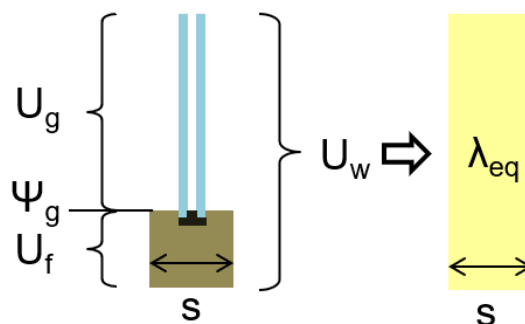
La compilazione di questa sezione non è obbligatoria: è sempre possibile infatti descrivere direttamente nel nodo la conduttività equivalente dei serramenti presenti.

Attenzione

La trasmittanza termica di un serramento (U_w) è valutata a partire dalle caratteristiche del vetro (U_g), del telaio (U_f) e del giunto vetro-telaio (Ψ_g).

IRIS, a partire dai valori di U_w e dello spessore del telaio (s), calcola una conduttività equivalente (λ_{eq}) del serramento e la applica ad un elemento rettangolare fittizio con larghezza s .

Questa semplificazione, se da un lato "perde" la caratterizzazione geometrica del vetro e del telaio ed omogeneizza la sezione, dall'altro consente di affrontare il problema, focalizzando l'attenzione sull'analisi del ponte termico tra serramento ed elemento opaco, più che tra telaio e vetro.



La creazione degli elementi trasparenti può essere fatta nelle seguenti tre modalità:

- 1- cliccando su "Aggiungi nuovo" per inserire direttamente i dati noti del serramento (trasmittanza del serramento, aerea e spessore del telaio) o accedere alla modalità di calcolo semplificato degli stessi a partire da una descrizione delle caratteristiche del vetro, del telaio e del giunto vetro-telaio;
- 2- cliccando su "Aggiungi da archivio" per richiamare un elemento precedentemente salvato nel proprio database attraverso il software APOLLO;
- 3- cliccando su "Importa progetto APOLLO" per aprire un file già elaborato in formato .apollo.

(C) Cassonetti

I cassonetti si distinguono dagli elementi edilizi più convenzionali, come le pareti, poiché non possono essere rappresentati come una sequenza di strati disposti in serie dotati di resistenza termica specifica. Al contrario, sono costituiti da un'intercapedine d'aria in cui alloggia una tapparella e sono circondati da altri elementi edilizi e tecnologici che influenzano in modo molto variabile la trasmissione del calore.

In questa sezione è possibile creare un abaco dei cassonetti utili all'analisi dei ponti termici nelle schermate successive.

Attenzione: a differenza degli elementi opachi e trasparenti, per analizzare correttamente il ponte termico generato da un cassonetto in un nodo "parete-cassonetto-serramento", è necessario creare l'elemento in questa sezione e richiamarlo poi nella descrizione del nodo. Senza questo passaggio IRIS non può eseguire un calcolo conforme alla norma UNI EN ISO 10077-2.

La creazione dei cassonetti può essere fatta nelle seguenti tre modalità:

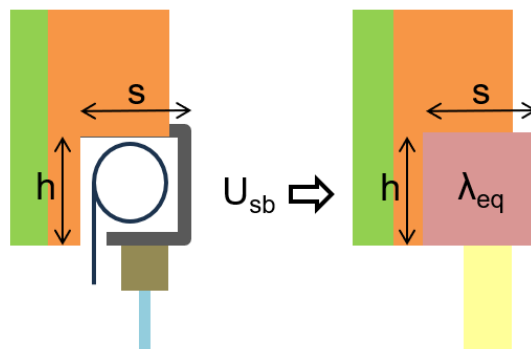
- 1- cliccando su "Aggiungi calcolo semplificato";
- 2- cliccando su "Aggiungi calcolo analitico";
- 3- cliccando su "Aggiungi da archivio".

Calcolo semplificato

Con il calcolo semplificato IRIS chiede informazioni solo su:

- trasmittanza del cassonetto (che quindi si considera nota, ad esempio perché fornita dalla scheda tecnica di un produttore di cassonetti);
- geometria della sezione del cassonetto, ovvero altezza (h) e spessore (s).

Con questi dati il software calcola una conduttività equivalente attribuita in modo omogeneo alla sezione del cassonetto una volta inserito in un ponte termico.



Calcolo analitico

Il calcolo analitico di IRIS dà la possibilità all'utente di definire nel dettaglio la sezione del cassonetto. Per farlo è possibile partire dallo schema di un cassonetto non isolato oppure da quello di un cassonetto isolato o da uno schema libero.

Selezionare il tipo di cassonetto

☒ Cassonetto non isolato

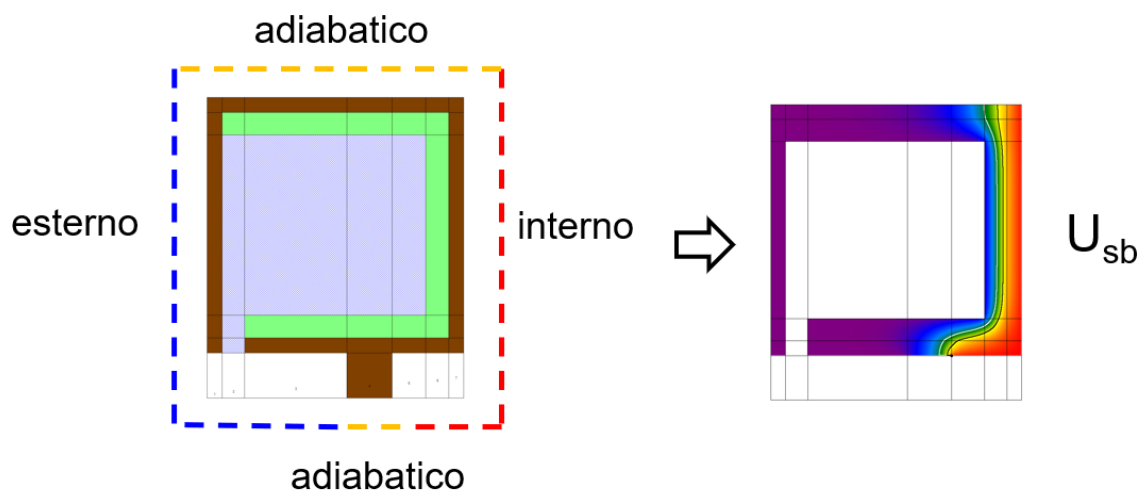
☐ Cassonetto isolato

☐ Compilazione libera

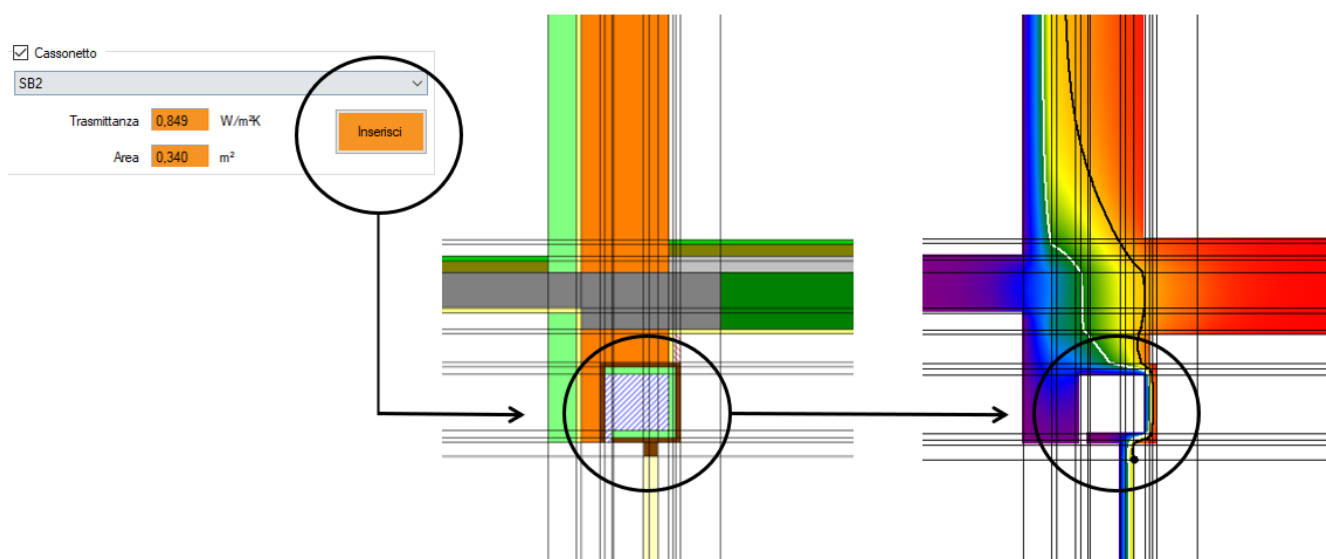
OK

Annulla

Una volta descritta la sezione del cassonetto, il calcolo restituisce l'analisi agli elementi finiti dell'elemento e il valore della trasmittanza media del cassonetto U_{sb} .



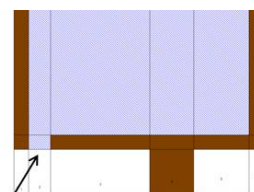
Il cassonetto così salvato, ora può essere richiamato in un ponte termico, come nell'esempio sottostante, ed entrare a far parte della simulazione agli elementi finiti del nodo.



La temperatura della cavità di un cassonetto

Secondo la norma UNI EN ISO 10077-2:2018 le condizioni interne della cavità di un cassonetto possono essere trattate in 3 modi differenti, ovvero come:

- una cavità fortemente ventilata
(se la sezione d'apertura è superiore a 35mm);
- una cavità debolmente ventilata
(se la sezione d'apertura è inferiore o uguale a 35mm);
- una cavità non ventilata
(se la sezione d'apertura è inferiore a 2mm).



Sezione di apertura

Quindi, secondo norma, la dimensione della sezione d'apertura decreta la tipologia di cavità. Con IRIS però, è possibile modificare geometricamente la dimensione della sezione d'apertura del cassonetto, ma questa modifica non incide sulle condizioni interne della cavità. Per modificare le caratteristiche della cavità è necessario procedere come segue:

Cavità fortemente ventilata: è la condizione di *default* scelta da IRIS. Se non si modificano le condizioni al contorno, vengono adottate le caratteristiche di una cavità “fortemente ventilata”, ovvero una temperatura interna al cassonetto pari alla temperatura dell’aria esterna e una resistenza superficiale pari a $0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Cavità debolmente ventilata: per attribuire questa condizione è necessario semplicemente correggere la resistenza superficiale della cavità (dalla tabella arancione disponibile nella scheda delle “Condizioni al contorno”). L'utente in questo caso inserisce il valore di resistenza pari a $0.30 \text{ m}^2\text{K/W}$ come suggerito dalla norma UNI EN ISO 10077-2:2018. La temperatura interna del cassonetto resta pari alla temperatura dell’aria esterna.

Cavità

	Resistenza superficiale [m ² K/W]	Temperatura [°C]	Pressione [Pa]
1	0.30	13.0	361.1

Cavità non ventilata: per attribuire questa condizione è necessario sostituire il materiale “cavità” del cassonetto con un’intercapedine non ventilata. Ovvero l’utente richiama dalla tendina dei materiali la voce “INA – intercapedini d’aria”, sceglie l’opzione “cavità con sezione libera”, inserisce i dati geometrici della cavità (spessore e larghezza), ottiene così un valore di conduttività equivalente e “colora” lo schema del cassonetto con questo materiale. Il risultato è una cavità non ventilata.

Tipo di materiale

INA - Intercapedini d'aria

Provenienza dei dati

☐ UNI 10351 - prosp.2 ☐ UNI 10351 - prosp.A.1
☐ UNI 10355 ☐ UNI EN ISO 10456
☐ UNI TR 11552 ☒ UNI EN ISO 6946
☐ Materiali utente ☐ da letteratura
☐ Materiali aziende ANIT

Elementi 1-3 di 3

Intercapedine non ventilata

☐ Intercapedine in facciata ☐ Intercapedine in copertura ☐ Vespajo aerato ☒ Cavità con sezione libera delle dimensioni

Spessore m

Larghezza m

Flusso

☒ Orizzontale ☐ Ascendente ☐ Discendente

Emissività

Superficie esterna
 Superficie interna

Resistenza m²K/W

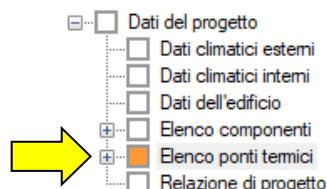
Conduttività equivalente W/m²K

Copia

7. ELENCO DEI PONTI TERMICI

La schermata “Elenco ponti termici” consente di gestire i ponti termici del file .iris.

Da qui è possibile creare nuovi ponti termici (A), richiamare ponti termici da archivio (B), importare informazioni da un file .xml (C) e gestire l'elenco dei ponti termici del progetto (D ed E).



Elenco ponti termici

A **B** **C** **E**

Aggiungi nuovo | Aggiungi da archivio | Importa da XML | Calcola tutti | Salva tutti

	Descrizione	Tipo	ψ_i [W/mK]	ψ_e [W/mK]	Posizione dell'isolante	ψ_{tab} [W/mK]	Rischio muffa	Modifica	Duplica	Elimina	Salva in archivio
1	Pilastro	P	0,021	0,021	sul lato esterno	0,02	✓	Modifica	Duplica	Elimina	Salva
2	Setto in mattoni pieni	IW	0,149	-0,015			✓	Modifica	Duplica	Elimina	Salva
3	Setto in mattoni pieni e locale	IW	0,178	-0,253			✓	Modifica	Duplica	Elimina	Salva
4	Terrazzo	T	-0,215	0,109			✓	Modifica	Duplica	Elimina	Salva
5	Incrocio tra 4 ambienti	A	0,569	0,149			✓	Modifica	Duplica	Elimina	Salva
6	Pilastro interno	P	0,021	0,021	sul lato interno	0,05	✓	Modifica	Duplica	Elimina	Salva

Rischio muffa superficiale
 ✓ Verifica superata
 ✗ Verifica non superata
 ○ Verifica non richiesta

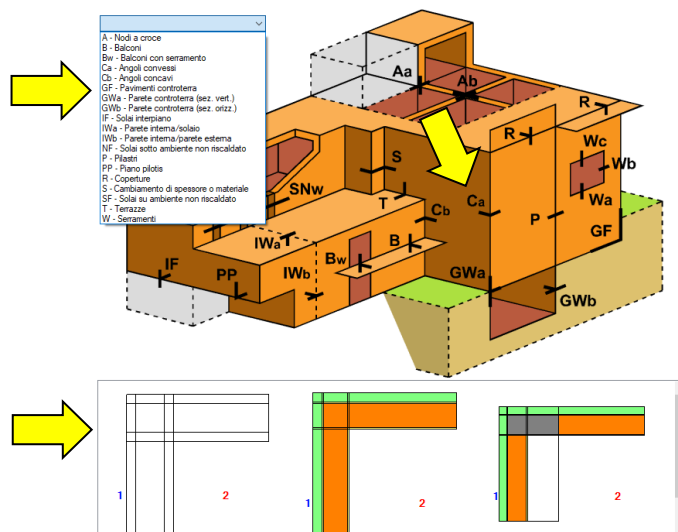
(A) Aggiungi nuovo

Il comando apre la finestra di dialogo per l'inserimento dei nuovi ponti termici.

Dalla finestra si può selezionare la tipologia del ponte termico in due modalità:

- cliccando sulla figura in corrispondenza del nodo di interesse;
- utilizzando il menu a tendina.

Una volta selezionata la tipologia, si procede cliccando su uno degli schemi disponibili nella parte bassa della finestra (il primo schema rappresenta un nodo non compilato, gli altri degli esempi di nodi precompilati).



(B) Aggiungi da archivio

Il comando “Aggiungi da archivio” apre la finestra di dialogo per l’inserimento delle strutture precedentemente salvate in archivio.

(C) Importa da XML

Il comando “Importa da XML” consente di richiamare un file .xml generato da altri software di modellazione energetica per importare informazioni di stratigrafia e configurazione del ponte termico da analizzare con IRIS. Il comando si abbina alla funzione “Esporta XML” presente nella schermata di visualizzazione dei risultati dopo aver lanciata la simulazione (vd. capitolo 9 punto B).

(D) Pannello di controllo

In questa sezione sono elencati i ponti termici del progetto.

Per ogni elemento le informazioni disponibili riguardano la tipologia del ponte termico, il nome, la trasmittanza lineare interna ed esterna e l’indicazione sul superamento della verifica di rischio muffa.

I comandi di gestione dei ponti termici sono:

- Analizza: per procedere con l’analisi agli elementi finiti;
- Duplica;
- Elimina;
- Salva: il salvataggio nell’archivio locale consente l’apertura del singolo ponte termico con i software PANE, LETO, EUEKA e ICARO della suite TEP srl.

I tasti “Calcola tutti” e “Salva tutti in archivio” velocizzano le operazioni di simulazione e salvataggio dell’intero elenco di ponti termici

(E) Posizione dell’isolante e coefficiente Ψ_{tab}

Il DM 28/10/2025 ha introdotto a partire dal 3 giugno 2026 i ponti termici di riferimento per il calcolo dalla trasmittanza media di progetto:

- se l’utente non è interessato a questa verifica: non si selezionano i valori dalla tendina di IRIS e il dato dei coefficienti Ψ_{tab} non viene abbinato ai ponti termici del progetto.
- se l’utente è interessato a questa verifica: seleziona dalla tendina una delle tre opzioni relativa alla posizione prevalente dell’isolante nel nodo (sul lato esterno, sul lato interno, in intercapedine) e il dato dei coefficienti Ψ_{tab} viene mostrato e abbinato ai ponti termici di progetto.

Note importanti:

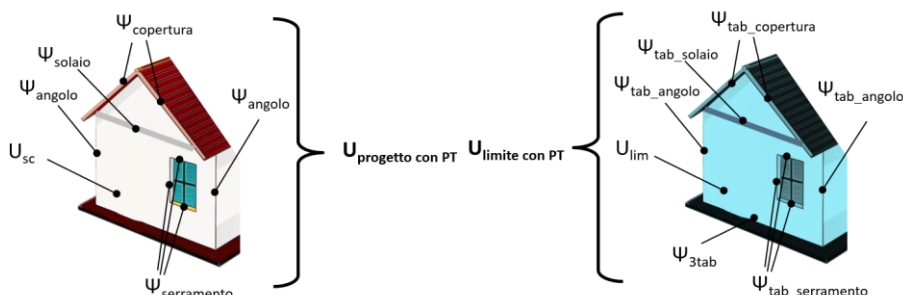
1. Il valore di Ψ_{tab} esiste solo per alcune tipologie di ponti termici come mostrato nella figura sottostante. Per le tipologie non comprese dal DM 28/10/2025 non serve assegnare un valore di Ψ_{tab} .
2. La scelta di Ψ_{tab} non modifica i risultati di IRIS. Il software abbina semplicemente al ponte termico il valore corrispondente preso dalle tabelle del DM 28/10/2025
3. La verifica della trasmittanza media di progetto non viene eseguita da IRIS, ma con il salvataggio del file .iris o del nodo in archivio è possibile esportare l’informazione nei software PAN o EUREKA per calcolare la trasmittanza di progetto e verificare che:

$$U_{progetto\ con\ PT} \leq U_{limite\ con\ PT}$$

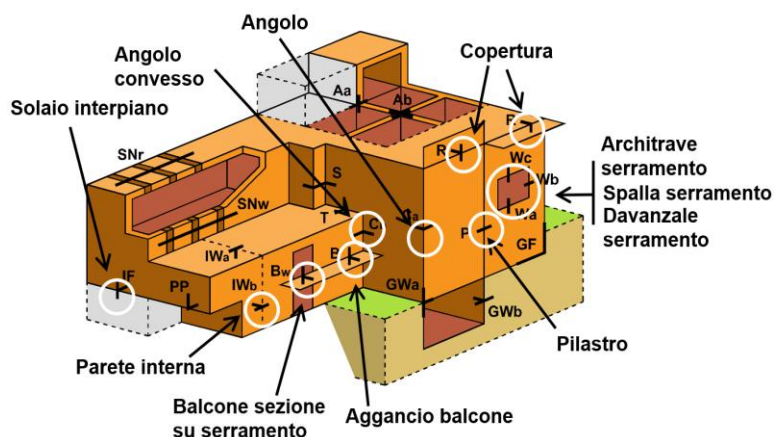
Dove i suddetti parametri sono calcolati con le seguenti formule:

$$U_{\text{progetto con PT}} = \frac{\sum A \cdot U + \sum \Psi \cdot L}{\sum A}$$

$$U_{\text{limite con PT}} = \frac{\sum A \cdot U_{\text{lim}} + \sum \Psi_{\text{tab}} \cdot L}{\sum A}$$

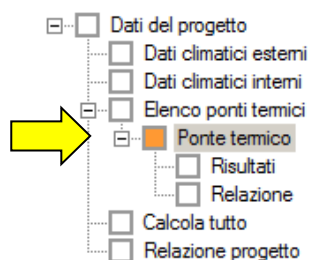


Sono considerati all'interno del calcolo unicamente i ponti termici presenti nelle tabelle da 5 a 7 del DM 28/10/2025 (mostrati nell'immagine a destra con riferimento allo schema di IRIS). Le tipologie di ponti termici ivi non comprese non devono essere conteggiate né per il calcolo della trasmittanza termica di progetto né per il calcolo della trasmittanza termica limite.



8. ANALISI DEL PONTE TERMICO

L'analisi di un ponte termico parte dalla visualizzazione dello schema di base precedentemente selezionato. L'utente, attraverso i comandi di controllo dei materiali e della geometria, adatta lo schema in funzione del ponte termico d'interesse. Una volta impostate tutte le informazioni e controllate le condizioni al contorno si può lanciare la simulazione agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211 e accedere ai risultati.



A Descrizione: Ca2

B Area di disegno del ponte termico. Elementi numerati: 1 (verde), 2 (arancione), 3 (verde), 4 (grigio), 5 (bianco).

C Inserisci strutture. Selezione materiali. Modifica spessori. Condizioni al contorno.

Componenti		Descrizione	s [m]	U [W/m²K]
Struttura 1	+	Muratura 30cm per nodi precompilati	0,460	0,225
Struttura 2	+	Muratura 30cm per nodi precompilati	0,460	0,225

D Barra degli strumenti: Undo, Redo, Print, Refresh.

E Materiale in uso. Tipo di materiale: MUR - Murature. Descrizione: Mattoni semipieni spessore 30 cm. Conducibilità: 0,337 W/mK. Fattore di resistenza al vapore: 10.

(A) Nome del ponte termico

Il nome del ponte termico è utilizzato nella relazione finale, nel menu ad albero e nell'elenco dei ponti termici del progetto. In caso di salvataggio del singolo ponte termico nel database dei software il nome identifica il ponte termico anche al momento del richiamo in PAN, LETO, EUEKA o ICARO.

(B) Il disegno del ponte termico

La schermata si apre a partire dallo schema selezionato nell'elenco dei ponti termici:

- se si parte da uno schema "bianco", il software mostra una geometria di partenza della tipologia di ponte termico selezionato senza l'aggiunta di materiali;
- se invece si parte da un nodo precompilato, lo schema di partenza è già interamente compilato sia dal punto di vista geometriche che per la selezione dei materiali.

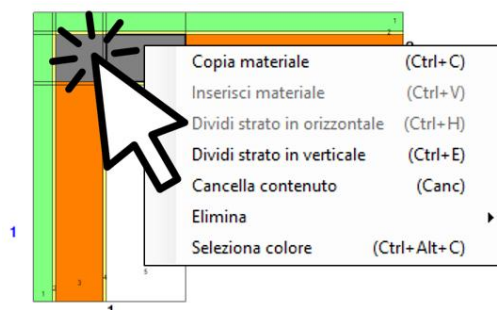
In entrambi i casi comunque lo schema può essere modificato a piacere dall'utente.

Comandi di disegno

Tasto destro del mouse

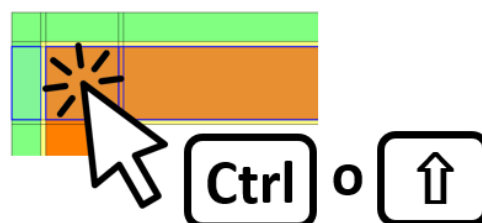
I comandi per modificare il disegno sono disponibili cliccando il nodo con il tasto destro del mouse e includono:

- Copia materiale (Ctrl+C);
- Inserire materiale (Ctrl+V);
- Dividi strato in orizzontale (Ctrl+H);
- Dividi strato in verticale (Ctrl+E);
- Cancella contenuto (Canc);
- Eliminare strato;
- Seleziona colore (Ctrl+Alt+C).



Tasto Ctrl per la “selezione multipla”

È possibile effettuare una selezione multipla degli strati tenendo premuto il bottone “Ctrl” della tastiera. La selezione multipla è utile per attribuire caratteristiche comuni ai materiali selezionati.

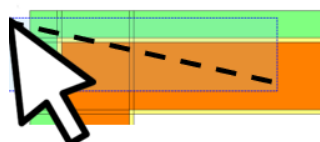


Tasto ↑ Shift per la “selezionare multipla direzionale”

È possibile selezionare più elementi contemporaneamente lungo la stessa direttrice (verticale o orizzontale) tenendo premuto il tasto “Shift” della tastiera.

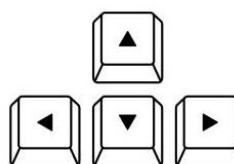
Generare un riquadro col cursore del mouse

Si può ottenere una selezione multipla di più elementi anche disegnando un riquadro col mouse (tenendo premuto il tasto sinistro)



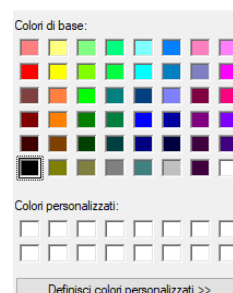
Frecce per muoversi sullo schema

Con le frecce della tastiera si può spostare la selezione di un elemento. Questo comando è utile per selezionare materiali geometricamente piccoli o strati sottili difficilmente cliccabili con il mouse.



Colori personalizzati

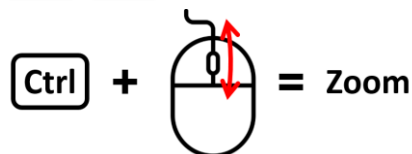
Cliccando con il tasto destro del mouse sul singolo strato è possibile richiamare il comando “Seleziona colore” per personalizzare il singolo strato scegliendo tra colori base o più avanzati. La selezione può essere fatta anche in modalità “selezione multipla” (ovvero tenendo premuto il tasto “Ctrl” della tastiera).



Zoom con rotella

I comandi + e - consentono uno zoom del ponte termico.

In alternativa è possibile usare la rotella del mouse assieme al tasto CTRL per attivare direttamente il comando.



Undo e Redo



(C) Inserimento/modifica dati

Questa sezione della schermata raggruppa i principali strumenti per la creazione e gestione del ponte termico, ovvero: inserisci strutture, seleziona materiali, modifica spessori, condizioni al contorno e controterra.

Inserisci strutture

Inserisci strutture
Seleziona materiali
Modifica spessori
Condizioni al contorno

Componenti

☐ Opachi verticali
☐ Opachi orizzontali
☐ Trasparenti

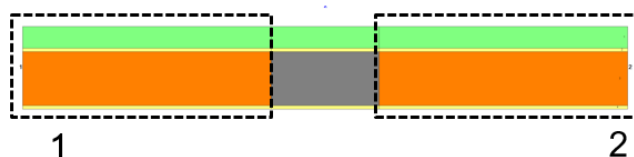
☐ Cassonetto

		Descrizione	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Struttura 1	Inserisci		0,440	0,204
Struttura 2	Inserisci		0,450	0,749
Struttura 3	Inserisci		0,440	0,204

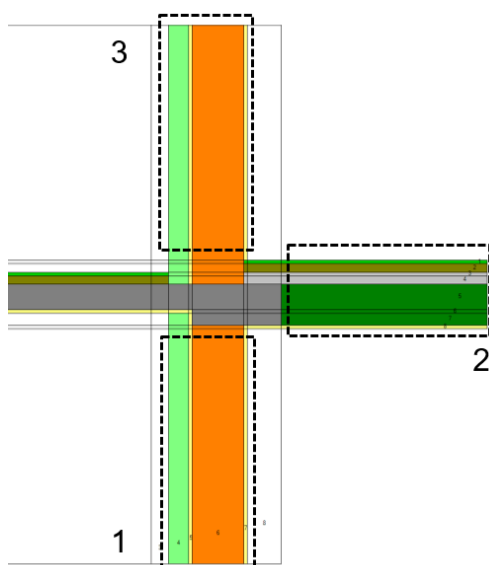
In base alla tipologia del ponte termico il nodo si compone di una serie di strutture.

Ad esempio un nodo pilastro P ospita due strutture nel proprio schema, mentre un nodo balcone B ne ospita 3 (come mostrano le figure in basso).

L'utente, attraverso il comando "Inserisci", può richiamare da tendina una struttura precedentemente salvata nell'elenco componenti (vd. capitolo 6) e riportarla nello schema del ponte termico.



Un nodo pilastro (P) è creato a partire da 2 strutture (anche uguali fra loro).



Un nodo balcone (B) è creato a partire da 3 strutture: 2 verticali e 1 orizzontale. La stratigrafia del balcone non è richiamata come componente, ma è disegnata direttamente nel nodo.

Seleziona materiali

Inserisci strutture **Seleziona materiali** Modifica spessori Condizioni al contorno

Tipo di materiale
ISO - Isolanti

Provenienza dei dati

☐ UNI 10351 - prosp. 2 ☒ UNI 10351 - prosp. A.1
☐ UNI 10355 ☐ UNI EN ISO 10456
☐ UNI TR 11552 ☐ UNI EN ISO 6946
☐ Materiali utente ☐ da letteratura
☐ Materiali aziende ANIT

Elementi 1-50 su 85 precedenti successivi

	Descrizione	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/mK]	Calore specifico [kcal/kgK]	Fattore resistenza vapore
1	EPS in lastre ricavate da blocchi, conforme a UNI 7819	15	0,045	0,35	20
2	EPS in lastre ricavate da blocchi, conforme a UNI 7819	20	0,041	0,35	30
3	EPS in lastre ricavate da blocchi, conforme a UNI 7819	25	0,04	0,35	70
4	EPS in lastre ricavate da blocchi, conforme a UNI 7819	30	0,04	0,35	100
5	EPS in lastre ricavate da blocchi	10	0,056	0,35	20
6	EPS in lastre ricavate da blocchi	15	0,047	0,35	30
7	EPS in lastre ricavate da blocchi	20	0,044	0,35	40
8	EPS in lastre ricavate da blocchi	25	0,042	0,35	70

L'utente accede al database dei materiali presi dalla normativa vigente o precedentemente creati dal comando "Archivio/Archivio materiale" disponibile nel menu principale (vd. capitolo 1 punto B del manuale). I materiali sono suddivisi per tipologia e organizzati in base alla fonte di riferimento. Una volta selezionato un materiale le sue caratteristiche sono visualizzate nella sezione "Materiale in uso" (D) della schermata e possono essere inserite nel disegno cliccando col tasto destro del mouse sul riquadro desiderato e selezionando il comando "Inserisci materiale".

Note:

- Intercapedini: con la selezione "INA – Intercapedini d'aria" si può richiamare la conduttività equivalente di una serie di intercapedini non ventilate precalcolate in accordo con UNI EN ISO 6946.
- Spazi da lasciare vuoti: si può agire direttamente sullo schema lasciando in bianco le zone desiderate o lasciando che il software riempi gli spazi con delle "Cavità".
- Serramenti: con la selezione "SER – Serramenti" si può ricavare un valore di conduttività termica equivalente di un serramento partendo dal dato di trasmittanza U_w e di spessore del telaio. Il materiale così ottenuto può essere usato per riempire un'area del ponte termico in corrispondenza della sezione del serramento desiderato.

Modifica spessori

Inserisci strutture

Seleziona materiali

Modifica spessori

Condizioni al contorno

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
▶ Spessore [m]	0	0.02	0.12	0.04	0.08	0.02	0.2	0	0	0	0

	Spessore [m]
▶ 1	0.02
2	0.12
3	0.04
4	0.08
5	0.02
6	0

Gli spessori dei vari strati sono riportati in due tabelle: una per la gestione degli spessori verticali e una per quelli orizzontali. In base alla tipologia del ponte termico, il numero degli strati (e quindi degli spessori visualizzati) può essere incrementato col comando “Dividi strato” disponibile cliccando sullo schema col tasto destro del mouse. I valori dei singoli spessori sono modificabili a piacere dall’utente.

- Note:
- Gestione di materiali sottili: nel caso il nodo contempli materiali con spessore millimetrico la selezione degli strati risulta difficile (anche attraverso il comando zoom). In questi casi consigliamo una delle seguenti due vie:
 - 1) se il materiale è influente dal punto di vista della simulazione energetica, è possibile trascurarne l’effetto e semplificare il nodo togliendolo dallo schema;
 - 2) se invece si vuole mantenere il materiale nello schema del ponte termico, per gestirlo e controllare l’inserimento delle informazioni è possibile agire sullo spessore: si allarga lo spessore dello strato per controllare l’inserimento dati e poi si riporta lo spessore al valore corretto.

Condizioni al contorno

Inserisci strutture	Seleziona materiali	Modifica spessori	Condizioni al contorno
<div> <input checked="" type="checkbox"/> Condizioni esterne e interne di default </div> <div> <div> <div>Condizioni esterne</div> <div> Valori da dati climatici: Gennaio <div> Temperatura: 4,0 °C Umidità relativa: 83,9 % </div> </div> </div> <div> <div>Ambiente 1 Ambiente 2</div> <div> Ambiente non riscaldato Ambiente con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse) </div> <div> btr: 0,6 Temperatura: 10,4 °C Umidità relativa: 70,8 % </div> </div> <div> <div>Resistenze superficiali</div> <div> Esterna: 0,04 m²K/W Interna flusso orizzontale: 0,13 m²K/W Interna flusso ascendente: 0,1 m²K/W Interna flusso discendente: 0,17 m²K/W </div> </div> </div>			

Le condizioni al contorno sono prese dalle informazioni climatiche interne ed esterne precedentemente inserite. Le impostazioni di *default* prevedono le stesse condizioni al contorno per tutti i nodi del progetto. L’utente può modificare a piacere tali informazioni per creare altre condizioni. Le resistenze superficiali sono prese dai valori standard della norma UNI EN ISO 6946 e utilizzate in funzione della direzione del flusso termico nel nodo. Anche in questo caso l’utente può modificare i valori prima di lanciare il calcolo.

- Note:
- Il coefficiente btr per gli ambienti non riscaldati: se si seleziona un ambiente non riscaldato è necessario attribuire anche il coefficiente btr. Si tratta del fattore di temperatura indicato nella norma UNI/TS 11300-1 necessario per ipotizzare la temperatura dell’ambiente in esame. Il coefficiente btr può assumere un valore tra 0 e 1, può essere richiamato da tendina per alcuni valori standard suggeriti dalla norma oppure può essere inserito dall’utente.
La temperatura dell’ambiente è ricavata come:

$$\theta = [\theta i \times (1 - btr)] + [\theta e \times btr] \quad [8.1]$$

L'umidità relativa dell'ambiente è ricavata come media tra l'umidità esterna del mese critico e l'umidità interna (il valore suggerito può essere modificato dall'utente).

- **Resistenze superficiali:** il calcolo tiene conto della geometria e degli angoli descritti nel nodo ed è condotto in assenza di mobili, tende o controsoffitti. Nel caso si voglia considerare l'effetto di questi fattori per le verifiche igrotermiche superficiali la norma UNI EN ISO 13788:2013 suggerisce di utilizzare un fattore di R_{si} pari a $0.25 \text{ m}^2\text{K/W}$ (in IRIS si inserisce 0.25 al posto dei valori di *default* 0.13, 0.1 e 0.17).
- **Cavità:** nel caso il nodo presenti delle cavità, nella sezione delle condizioni al contorno compare a destra una tabella con le informazioni delle stesse.

	Resistenza superficiale [K/Wm²]	Temperatura [°C]	Pressione [Pa]
1	0,13	20,0	1477,0
2	0,13	10,6	1001,4

Controterra

Inserisci strutture | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno | **Controterra**

Tipo di terreno
Sabbia o ghiaia

Conducibilità 2 W/mK
Fattore di resistenza al vapore 50

Pavimento
Area 25 m²
Perimetro 20 m
Dimensione caratteristica B 2.50 m
Spessore equivalente 3.10 m
Ubf 0.431 W/m²K

Parete superiore
Profondità sotto il livello del terreno 0.8 m
Spessore equivalente 8.89 m
Ubw 0.192 W/m²K

La scheda "Controterra" compare nel caso il nodo abbia una condizione al contorno di tipo "terreno". Il terreno è presente in automatico nei nodi GWa, GWb e GF, ma può essere richiamato a piacere in qualunque nodo con almeno 3 ambienti al contorno.

Ambiente 1 | Ambiente 2 | Ambiente 3

Ambiente esterno
Ambiente riscaldato
Ambiente non riscaldato
Ambiente esterno
Terreno

Le caratteristiche di temperatura e umidità del terreno sono calcolate a partire da un equilibrio termico per gli strati a contatto con l'aria esterna e a partire da una condizione di saturazione (UR 100%) per i piani di taglio adiabatici del terreno.

Per approfondire i criteri di posizionamento dei piani di taglio si veda l'Appendice A del manuale.

- Note:
- **Scelta del tipo di terreno:** la tendina propone 3 scelte in base alla tipologia del terreno. La selezione serve per identificare la conducibilità da attribuire al terreno secondo UNI EN ISO 13270 e il fattore di resistenza al vapore per l'argilla, la sabbia e la roccia in accordo con UNI EN ISO 10456. Nel caso non si conoscano

informazioni sul terreno si può selezionare la condizione intermedia corrispondente a “sabbia e ghiaia”.

- Dati geometri del pavimento: l'area A e il perimetro P servono per identificare la dimensione caratteristica B attraverso il rapporto: $B = A / (0.5 \times P)$. A e P si calcolano a livello del piano di contatto col terreno.
- Trasmittanze equivalenti: Ubf e Ubw rappresentano rispettivamente la trasmittanza equivalente del pavimento (f sta per *floor*) e del muro (w sta per *wall*) controterra. Il calcolo di questi parametri è condotto in accordo con UNI EN ISO 13370.

(D) Calcola il ponte termico e assegna una nota



Undo e Redo.

Si può tornare indietro o in avanti nella sequenza di comandi effettuati sullo schema di IRIS tramite i comandi Undo e Redo richiamabili con le due frecce in alto a destra nella schermata o con i comandi da tastiera Ctrl+Z e Ctrl+Y.

Attenzione: se si passa da uno schema di un ponte termico all'altro si azzerava la sequenza delle operazioni memorizzate dal software, annullando di fatto l'utilizzo di questi comandi.



Aggiungi nota

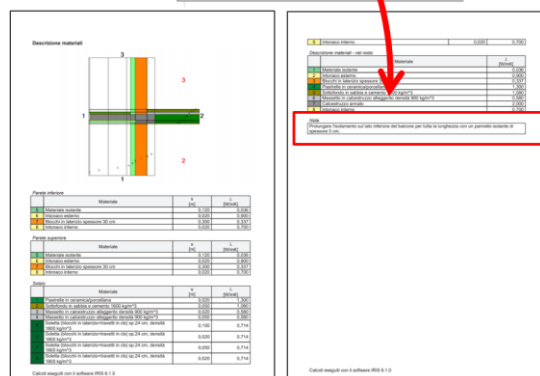
Se si desidera è possibile inserire una nota allo schema del ponte termico. Ad esempio per segnalare lo spessore della correzione davanti al nodo, per indicare la scelta di un materiale in particolare o di un dato rilevante nella progettazione del ponte termico.

Le note, se presenti sono riportate nella relazione del ponte termico nella scheda dei materiali.



Aggiungi una nota per la relazione:

Prolungare l'isolamento sul lato inferiore del balcone per tutta la lunghezza con un pannello isolante di spessore 5 cm.



Calcola

Il comando lancia la simulazione del ponte termico.



Visualizza i risultati

Il comando compare dopo la prima simulazione del nodo.

(E) Materiale in uso

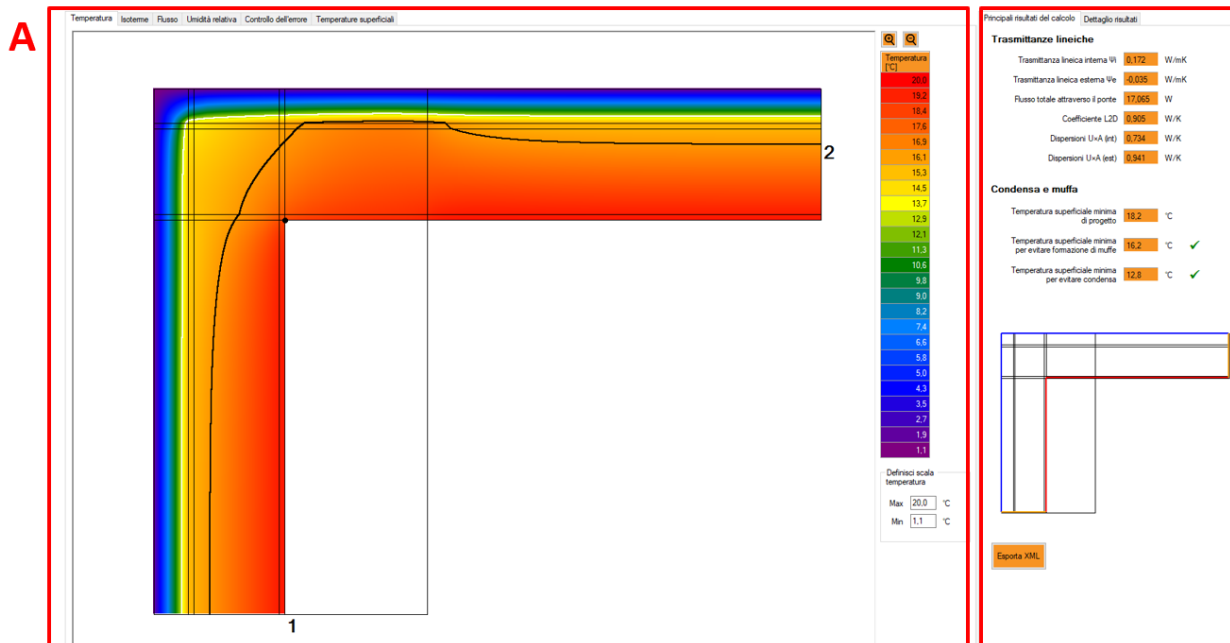
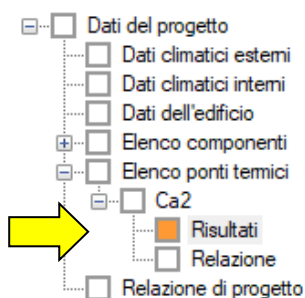
In questa sezione sono visualizzati i dati del materiale in uso, ovvero del materiale inseribile nello schema del ponte termico attraverso il comando “inserisci materiale” richiamato col tasto destro del mouse.

I dati visualizzati possono essere richiamati cliccando col tasto destro del mouse su un materiale del ponte termico e selezionando il comando “Copia materiale” oppure cliccando una voce in una tabella di “Seleziona materiale” (dalla sezione C della schermata).

È possibile anche digitare direttamente una descrizione e un valore di conduttività e fattore di resistenza al vapore per inserire nel ponte termico un materiale utente a piacere (tramite il comando “inserisci materiale” richiamato dal tasto destro del mouse)

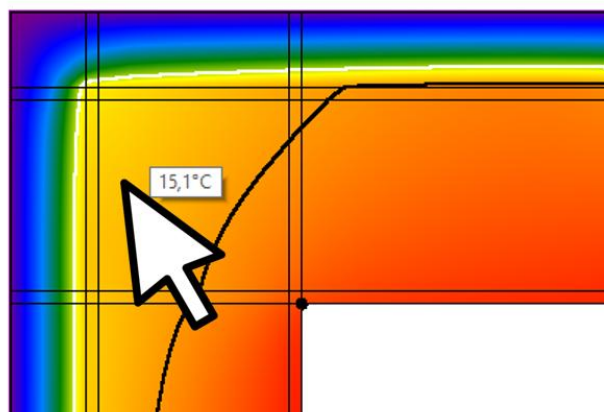
9. RISULTATI

Dalla pagina dei risultati è possibile visualizzare l'esito della simulazione agli elementi finiti. I risultati sono disponibili in forma grafica (A) e in forma tabellare (B).



(A) Risultati in forma grafica

I disegni riportano la distribuzione della temperatura, del flusso, dell'umidità relativa e degli errori di convergenza direttamente sullo schema del ponte termico calcolato. Spostando il cursore del mouse sul disegno si visualizzano i dati nei singoli punti.



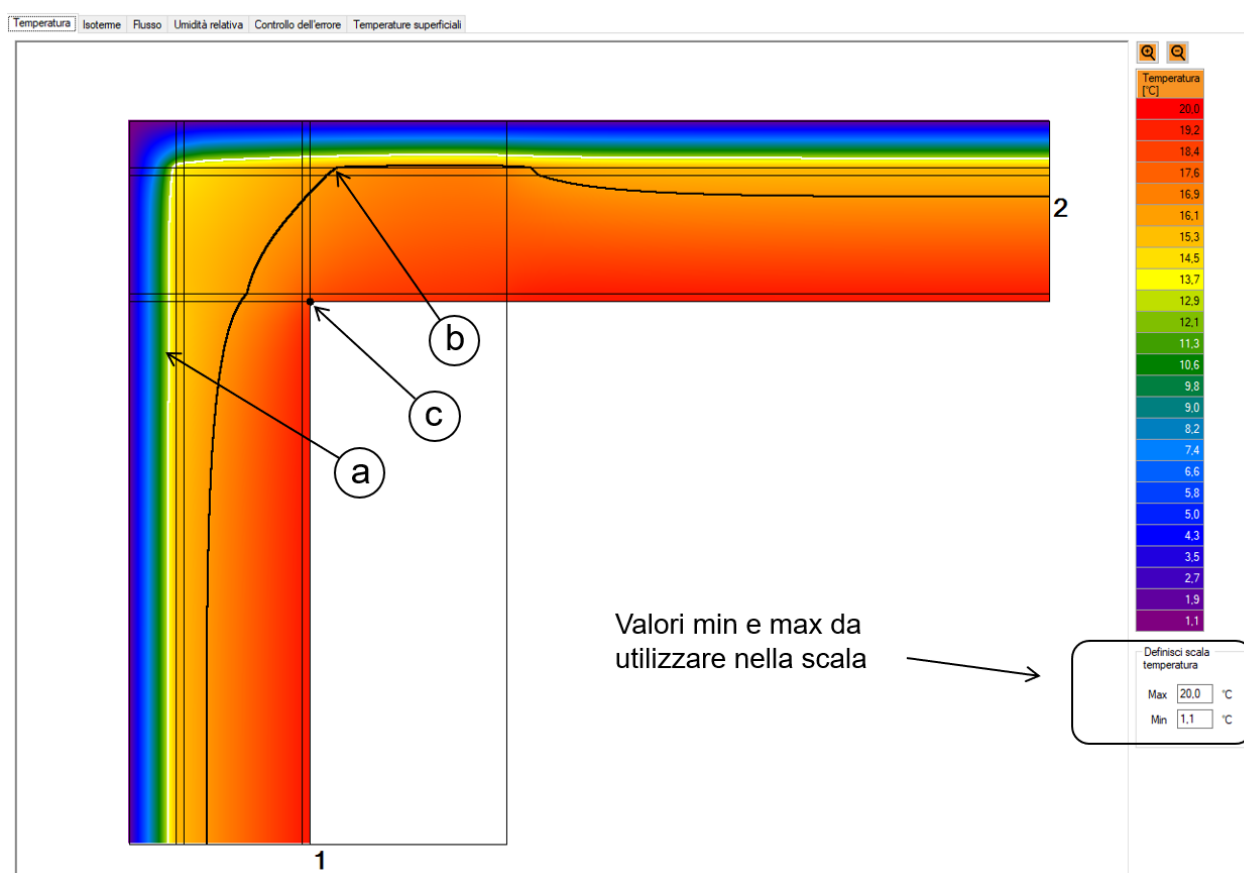
Temperatura

La distribuzione delle temperature è visualizzata su una scala di colori da viola a rosso partendo da una distribuzione automatica tra il valore di temperatura massima e minima presenti nella simulazione. Questa impostazione può essere modificata a piacere dall'utente digitando un nuovo valore massimo o minimo della scala.

Per agevolare la lettura del grafico sono presenti:

- a) una linea bianca in corrispondenza dell'isoterma con la temperatura di condensazione;
- b) una linea nera in corrispondenza dell'isoterma del rischio di muffa;
- c) un puntino nero in corrispondenza del punto con la temperatura superficiale interna più bassa.

I valori di temperatura usati in a, b e c sono riportati nella sessione "Condensa e muffa" a destra della schermata (B).



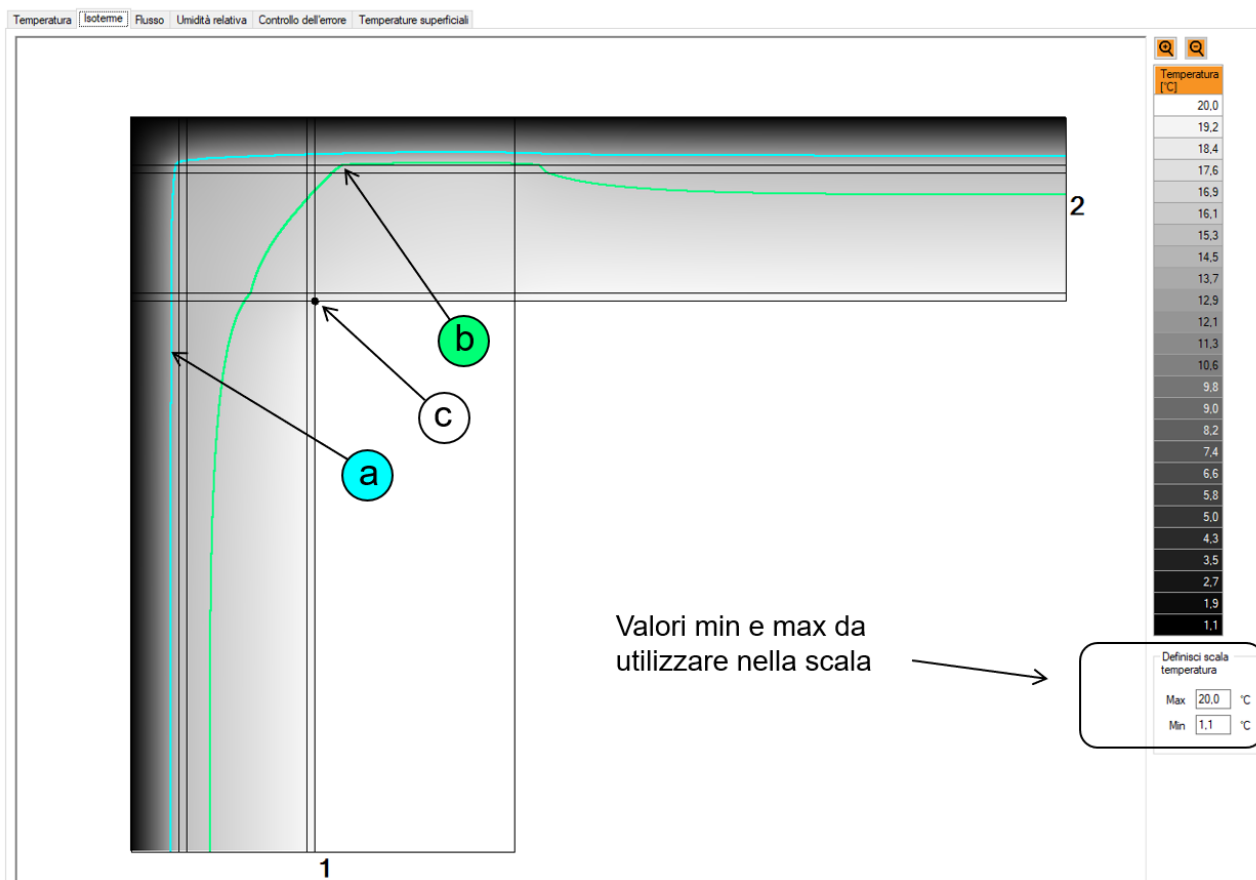
Isoterme

Questa visualizzazione mette in risalto le isoterme del rischio di muffa e di condensazione.

Lo schema mostra la distribuzione della temperatura nel nodo mettendo in risalto le isoterme del rischio di muffa e condensazione:

- la linea azzurra corrisponde all'isoterma della temperatura di condensazione (nella schermata "Temperatura" è la linea bianca);
- la linea verde corrisponde all'isoterma della temperatura di rischio muffa (nella schermata "Temperatura" è la linea nera);
- un puntino nero in corrispondenza dell'angolo con la temperatura superficiale interna più bassa.

I valori usati in a b e c sono riportati nella sessione "Condensa e muffa" a destra della schermata (B).

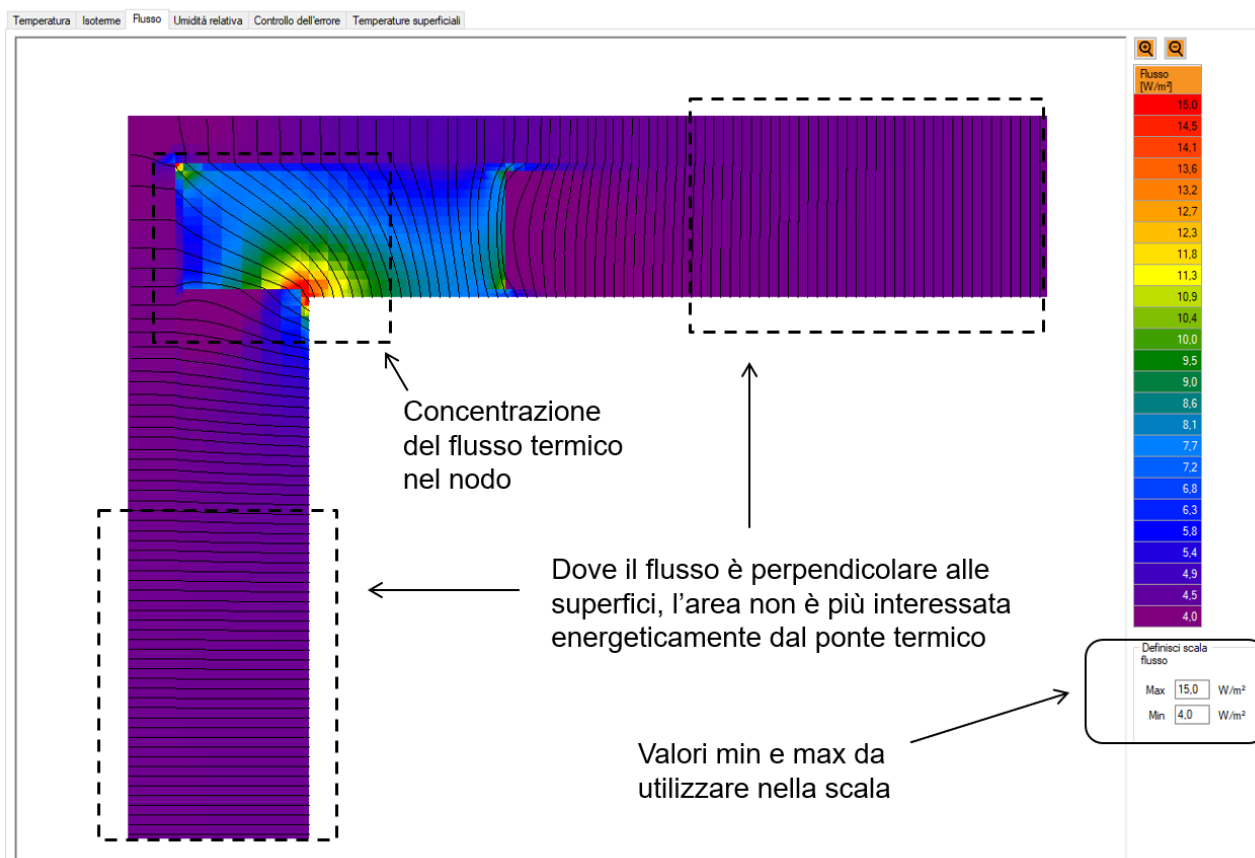


Flusso

L'analisi della distribuzione del flusso è utile per identificare le porzioni geometriche del nodo soggette alla concentrazione della dispersione e le porzioni non interessate energeticamente dal ponte termico.

Nel primo caso l'identificazione è agevolata dai colori, mentre nel secondo dalle linee di flusso perpendicolari alle superfici delle strutture.

Anche su questo grafico è possibile modificare a piacere i valori min e max della scala.

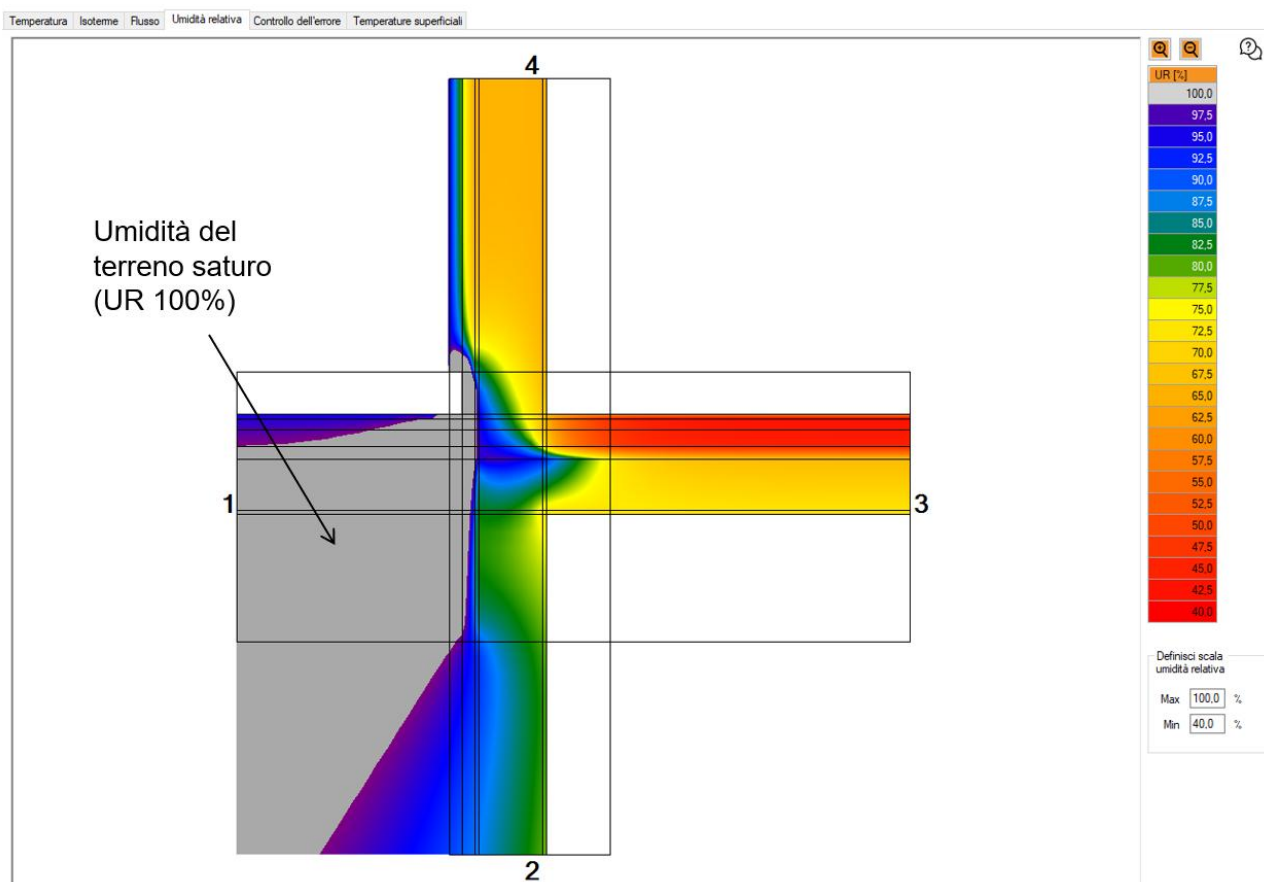


Umidità relativa

La distribuzione dell'umidità relativa può essere utile per estendere l'analisi della migrazione del vapore dalla sezione della stratigrafia all'intero ponte termico.

Attenzione: la visualizzazione dell'umidità relativa non è però da intendere come una “verifica” della condensa interstiziale (ci sono molti fenomeni igroscopici di cui il calcolo non tiene conto, come il trasporto capillare dell'umidità o l'incidenza dell'inerzia igroscopica dei materiali). Lo scopo del grafico è quello di aiutare l'utente a capire se è necessaria o meno una maggiore attenzione al tema della condensazione interstiziale anche per la progettazione del ponte termico.

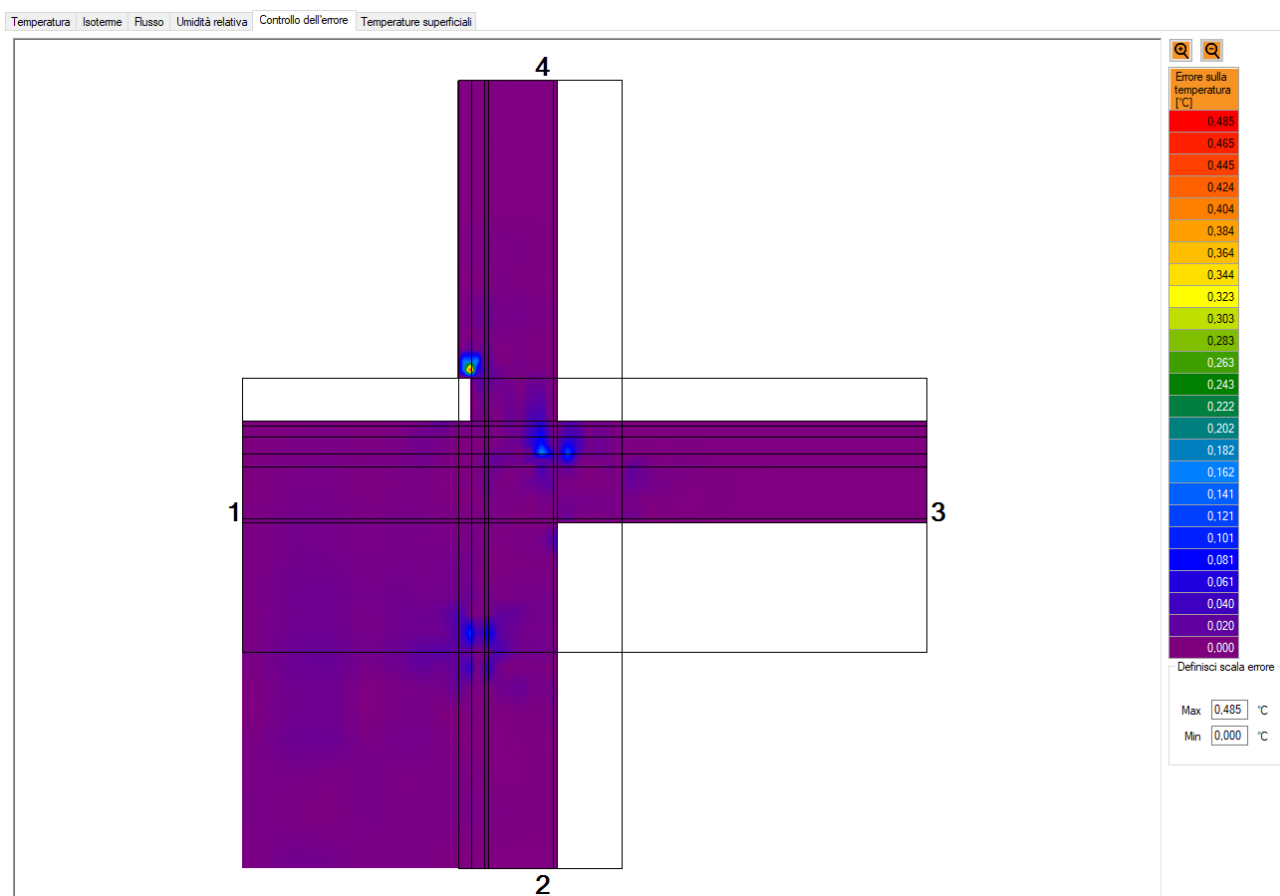
In particolare ricordiamo che il terreno è un ambiente con 100% UR in prossimità dei piani di taglio.



Controllo dell'errore

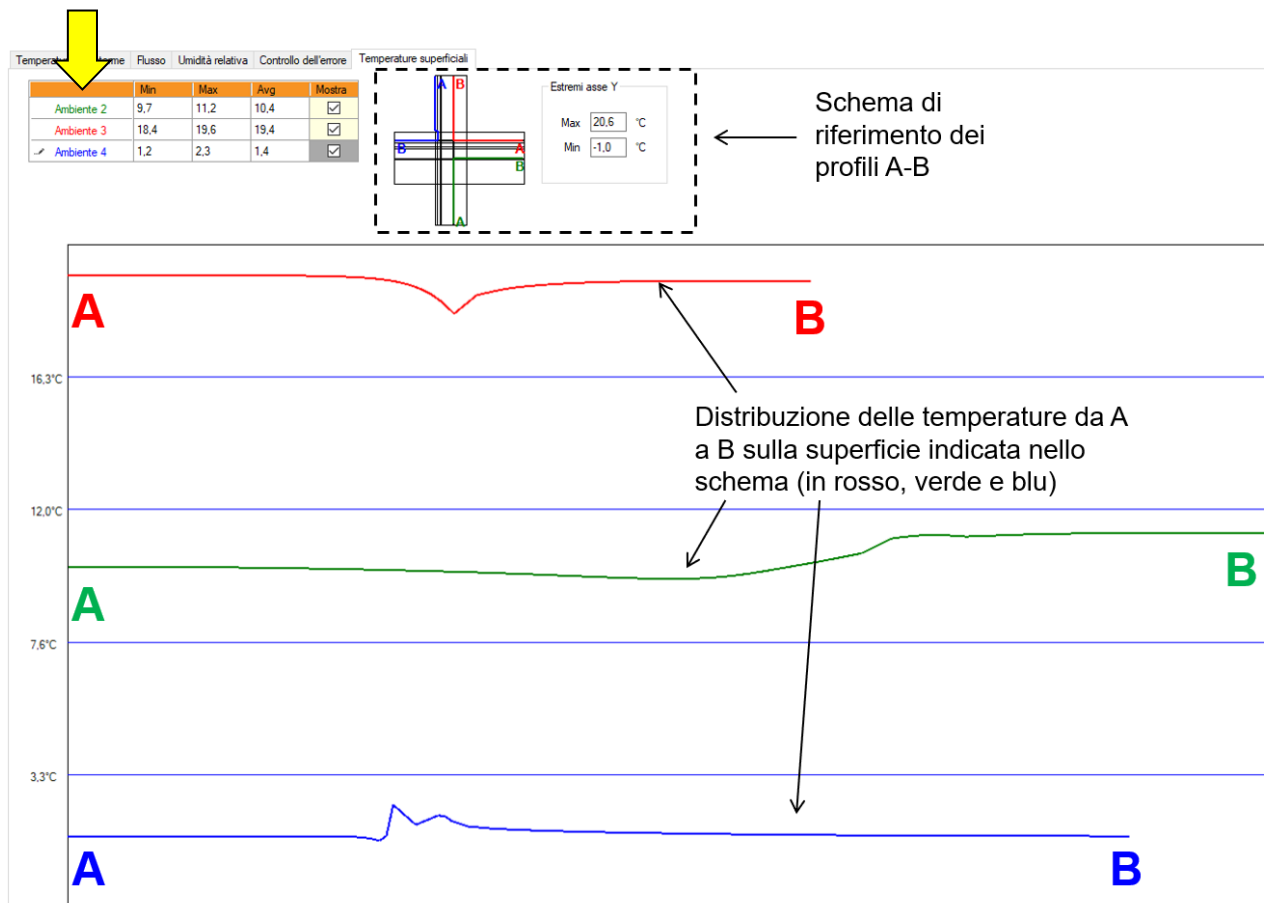
Lo schema mostra la differenza di temperatura tra l'ultima e la penultima iterazione del calcolo. Nei punti in cui la differenza è bassa o nulla, si può ritenere che l'errore della simulazione sia contenuto. Al contrario, i punti con una differenza maggiore potrebbero indicare una minore precisione nel calcolo.

Attenzione: l'errore qui rappresentato è relativo alle iterazioni di calcolo e non alle scelte progettuali. In altri termini è un controllo sulla simulazione effettuata da IRIS e non sulla bontà delle scelte dell'utente.



Temperature superficiali

Il grafico mostra l'andamento delle temperature superficiali nel nodo lungo i profili A-B di ogni ambiente al contorno. Questa analisi può accompagnare un approfondimento termografico per studiare meglio la natura e l'estensione di fenomeni termici su edifici esistenti (vd. esempio nella pagina seguente).



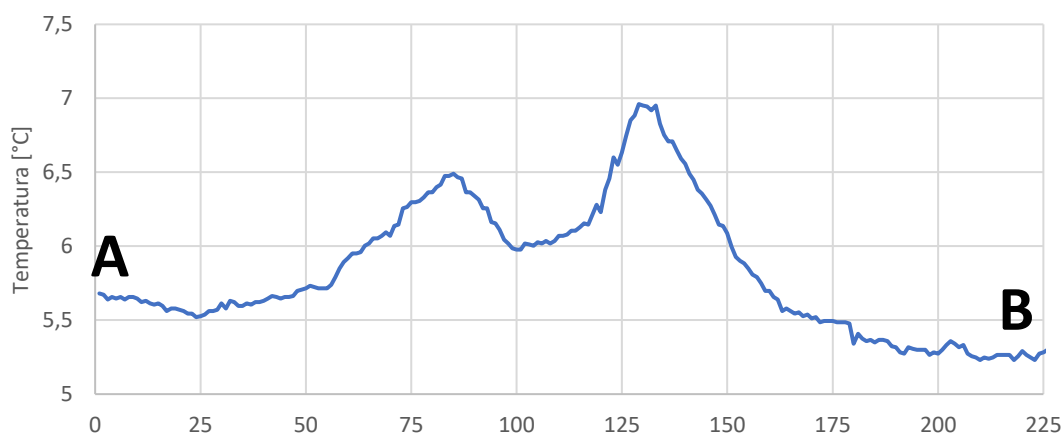
Esempio di confronto con indagine termografica

Lo studio delle temperature superficiali con IRIS lungo un profilo A-B può essere utilizzato per un confronto con il profilo di temperature ricavato da un'indagine termografica.

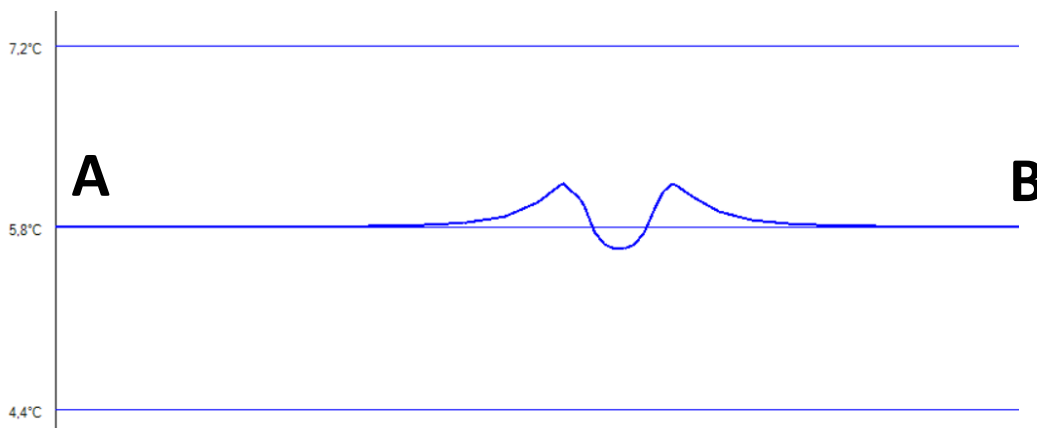
Nel caso seguente ad esempio l'immagine termografica mostra il ponte termico generato dall'innesto di un solaio in facciata. La distribuzione delle temperature lungo il profilo A-B ricavato dal termogramma può essere utilizzata per un confronto con lo stesso profilo A-B ricavato da un'analisi agli elementi finiti con IRIS (vd. sotto).



Distribuzione delle temperature ricavate dall'immagine IR.



Distribuzione delle temperature ricavate da IRIS.

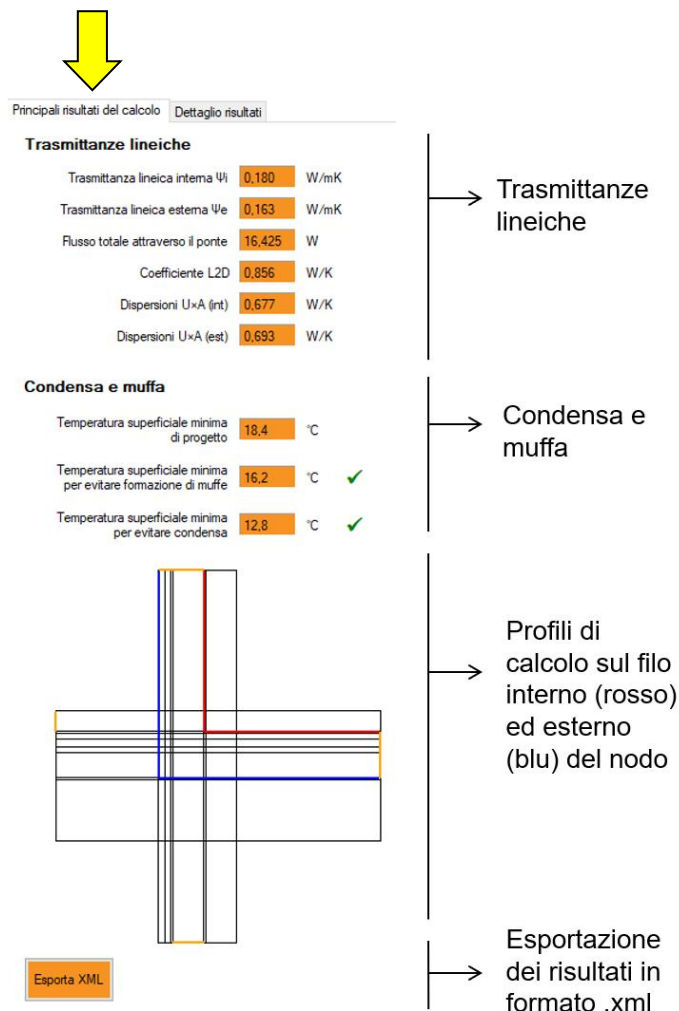


La vicinanza o le differenze tra i due grafici possono validare o confutare le informazioni ipotizzate sul nodo, come ad esempio la presenza di uno strato isolante. Il confronto fra i due grafici si basa su un'analisi delle curve sia in termini assoluti che relativi: forma della curva, differenze tra picchi massimi o minimi, linee di tendenza, ecc.

(B) Risultati in forma tabellare


La parte destra della schermata è divisa in due schede:

- Principali risultati di calcolo;
- Dettaglio risultati.



Nella prima scheda le informazioni sono organizzate in 4 blocchi:

- **Trasmittanze lineiche:** con il valore calcolato dei coefficienti Ψ_i e Ψ_e , il valore del flusso totale nel ponte termico, il coefficiente L2D e i valori delle dispersioni del nodo senza l'effetto del ponte termico ($U \times A$) (vd Appendice A per un approfondimento sul significato di Ψ)
- **Condensa e muffa:** con il valore della temperatura nel punto più critico sul lato interno del ponte termico (corrispondente nel grafico delle temperature alla posizione del punto nero), definita come temperatura superficiale minima di progetto, e con i valori di temperatura per evitare il rischio di muffa e di condensazione.
- **Profili di calcolo:** che mostra le linee di confine utilizzate per il calcolo delle dispersioni lungo le dimensioni geometriche interne (linea rossa) ed esterne (linea blu) del nodo.
- **Esporta XML:** il comando consente di generare un file .xml del nodo per esportarlo in altri software di modellazione energetica. La funzione è abbinata al comando "Importa XML" presente nella schermata "Elenco dei ponti termici" di IRIS (vd. capitolo 7 punto C del manuale).



Principali risultati del calcolo | Dettaglio risultati

Flussi Φ [W]

	Attraverso struttura 3	Attraverso struttura 4	Totale
Interno	8,270	8,155	16,425
Esterno	-9,773	26,198	16,425

→ Flussi

Trasmittanze lineari Ψ [W/mK]

	Struttura 3	Struttura 4	Totale
Interno	0,104	0,076	0,180
Esterno	-0,898	1,060	0,163

→ Coefficienti Ψ

Dettagli calcolo Ψ

$$\Psi \cdot L = \frac{\Phi}{\Delta T} - A \cdot U \cdot b_{tr} \quad \Delta T \quad 19,2 \quad ^\circ\text{C}$$

→ Dettaglio Ψ

	$\Phi/\Delta T$ [W/K]	A [m ²]	U [W/m ² K]	Coefficienti btr	Ψ [W]
Psi interno struttura 3	0,431	1,710	0,389	0,49	
Psi interno struttura 4	0,425	1,580	0,225	0,98	
Psi esterno struttura 3	-0,509	2,030	0,389	0,49	
Psi esterno struttura 4	1,366	1,380	0,225	0,98	

Iterazioni

	Dim. spazio	Flusso totale [W]	$\Delta\Phi$ int./est [W]	L2D [W/mK]	Scostamer [%]
1	980	32,89	0,00	0,86	
2	1.533	32,85	0,00	0,86	0,11

→ Dettaglio delle iterazioni

Nella scheda di dettaglio troviamo:

- **Flussi**: la tabella mostra il valore del flusso termico attraverso le diverse strutture del nodo e attraverso l'intero ponte termico.
- **Trasmittanze lineari Ψ** : la tabella riporta i valori dei coefficienti valutati sull'intero ponte termico (Totale) o parzialmente sulle diverse strutture. In rosso i dati calcolati con le misure interne, in blu quelli calcolati con le misure esterne. Questa informazione è utile per valutare l'effetto del ponte termico parziale nel caso sia necessario suddividere il "peso" energetico del ponte termico in più parti.
- **Dettaglio calcolo Ψ** : sono presenti i dati utili all'analisi del coefficiente psi in accordo con la formula mostrata.
- **Iterazioni**: per ogni iterazione la tabella mostra il dettaglio dei valori calcolati in accordo col modello di calcolo iterativo descritto dalla UNI EN ISO 10211. La prima iterazione è eseguita con una matrice standard, e a seguire aumentando la complessità geometrica della stessa. Il numero di iterazioni si ferma quando si raggiunge uno scostamento sui risultati inferiore all'1%.

RELAZIONI DI CALCOLO

IRIS consente di visualizzare e stampare la relazione di calcolo dei singoli ponti termici o dell'intero progetto.



Cliccando su “Relazione” nel menu del singolo ponte termico si apre una finestra di dialogo che permette di definire l'elenco delle informazioni da portare in relazione. In questo caso la scelta di **default** “Allegato L10” è pensata per creare rapidamente le schede di un ponte termico da allegare a una relazione tecnica Legge 10.

Una volta visualizzata la relazione, è possibile effettuare un salvataggio in formato editabile (.rtf) o non editabile (.pdf).

Argomenti da inserire in relazione

☒ Allegato L10 ☐ Tutti Vedi relazione Annulla

☐ Dati del progetto

☒ Dati dell'edificio

☐ Dati climatici esterni

☐ Dati climatici interni

☐ Elenco componenti

☐ Dettaglio elementi opachi

☐ Dettaglio cassonetti

☐ Elenco ponti termici

☒ Descrizione ponte termico

☒ Descrizione materiali

Grafici

☒ Grafico delle temperature

☐ Grafico dei flussi

☐ Grafico dell'umidità relativa

☐ Grafico delle isoterme di rischio muffa e condensa

☐ Grafico della distribuzione delle temperature superficiali

L'immagine qui sopra mostra l'elenco delle opzioni per la creazione della relazione del ponte termico. A destra invece un esempio di schermata della relazione finale.

Descrizione dei materiali

N.	Materiale	Conduttività (W/mK)	Spessore (m)
1	Interno	0.000	0.000
2	Interno	0.000	0.000
3	Interno	0.000	0.000
4	Calcestruzzo armato	0.000	0.000
5	Interno	0.000	0.000

Pariete superiore

N.	Materiale	Conduttività (W/mK)	Spessore (m)
1	Materiale isolante	0.000	0.000
2	Materiale isolante	0.000	0.000
3	Interno	0.000	0.000
4	Interno	0.000	0.000
5	Interno	0.000	0.000

Slab

N.	Materiale	Conduttività (W/mK)	Spessore (m)
1	Pavimentazione interna - gas	0.000	0.000
2	Interno	0.000	0.000
3	Interno	0.000	0.000
4	Interno	0.000	0.000
5	Interno	0.000	0.000
6	Interno	0.000	0.000
7	Interno	0.000	0.000

Nel nodo

N.	Materiale	Conduttività (W/mK)
1	Materiale isolante	0.000

Calcoli eseguiti con il software IRIS 6.0.0

Esporta RTF Esporta PDF Chiudi

Cliccando invece su “Relazione di progetto” si accede a una schermata con l’elenco di tutti i ponti termici presenti nel file .iris.

Questi elementi possono essere selezionati a piacere per creare una relazione complessiva con la descrizione di più ponti termici.

Anche in questo caso gli argomenti da portare in relazione sono selezionati da una finestra di dialogo dedicata e il risultato finale può essere esportato in formato editabile (.rtf) o non editabile (.pdf).

**Relazione di progetto****Crea
relazione**

	Tipo	Descrizione	Trasmittanza lineare interna ψ_i [W/mK]	Trasmittanza lineare esterna ψ_e [W/mK]	<input type="checkbox"/>
1	GWa	GWa1	0,180	0,163	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Ca	Ca2	0,172	-0,035	<input checked="" type="checkbox"/>
3	IF	IF1	0,510	0,163	<input checked="" type="checkbox"/>

APPENDICE A. Il significato di Ψ

Il coefficiente Ψ (coefficiente di trasmittanza lineica o trasmittanza termica lineare) secondo la norma UNI EN ISO 10211 è un parametro che descrive l'influenza del ponte termico lineare sul flusso termico totale. Va inteso quindi non come parametro a sé stante, ma come parte del calcolo del coefficiente di dispersione dell'involucro all'interno della seguente formula:

$$H = \sum (U \cdot A) + \sum (\Psi \cdot l) \quad [A.1]$$

dove:

- H è il coefficiente di dispersione per trasmissione espresso in W/K;
- $\sum (U \cdot A)$ è la sommatoria delle trasmittanze degli elementi disperdenti moltiplicate per l'area degli stessi;
- $\sum (\Psi \cdot l)$ è la sommatoria dei coefficienti di trasmittanza lineica dei ponti termici moltiplicati per l'estensione lineare degli stessi.

Il calcolo del coefficiente Ψ è condotto in accordo con la seguente formula:

$$\Psi = L_{2D} - \sum (U \cdot l) \quad [A.2]$$

dove:

- Ψ è il coefficiente di trasmittanza lineica; è indicato come "interno" (Ψ_i) o "esterno" (Ψ_e) in base alla geometria considerata nel calcolo [W/mK];
- L_{2D} è il coefficiente d'accoppiamento termico ottenuto dal calcolo 2D agli elementi finiti del ponte termico [W/mK];
- U è la trasmittanza termica del componente di separazione tra le zone termiche individuate;
- l è la lunghezza a cui si applica la trasmittanza termica U (la lunghezza può riferirsi alle dimensioni interne o esterne del ponte termico) [m].

Il software IRIS per determinare il valore dei coefficienti Ψ esegue un calcolo secondo norma attraverso la seguente procedura:

- 1- identifica il valore di L_{2D} per il ponte termico in oggetto. Il dato è calcolato come rapporto tra il flusso termico del nodo analizzato agli elementi finiti (espresso in W) e il salto termico definito delle condizioni al contorno del ponte termico;
- 2- calcola la sommatoria $\sum (U \cdot l)$ per gli elementi che compongono il ponte termico;
- 3- risolve l'equazione [A.2] utilizzando sia le dimensioni interne che esterne del ponte termico per ottenere il valore di Ψ_i e Ψ_e .

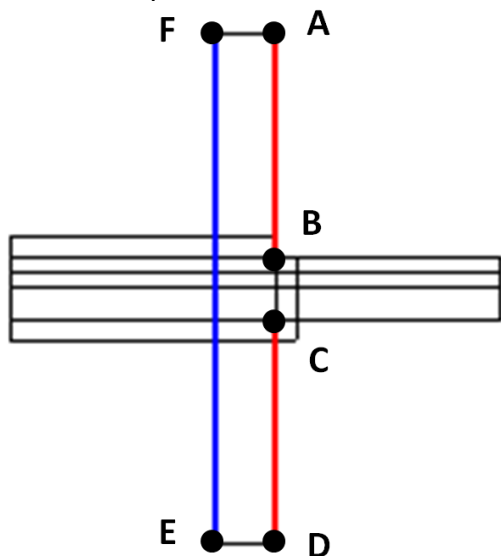
Di seguito riportiamo tre esempi di calcolo che illustrano come sono eseguiti i calcoli per un ponte termico che divide:

- l'ambiente riscaldato dall'ambiente esterno,
- l'ambiente riscaldato da due ambienti, uno esterno e uno non riscaldato,
- l'ambiente riscaldato dal terreno.

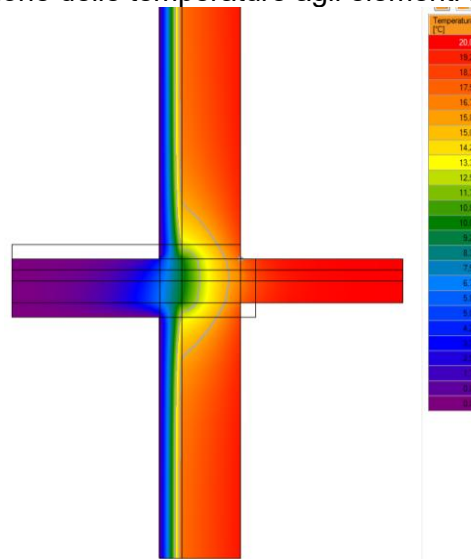
Coefficiente Ψ verso l'ambiente esterno

Consideriamo un ponte termico di un balcone schematizzato come segue: le superfici a contatto con l'ambiente riscaldato (a 20°C) sono AB e CD; la superficie a contatto con l'ambiente esterno (a 0°C) è EF; i piani di taglio AF e ED sono determinati a una distanza dal nodo pari a 1m (oppure pari a 3 volte lo spessore della sezione dell'elemento omogeneo se superiore).

Schema del ponte termico:



Distribuzione delle temperature agli elementi finiti:



Risultati del calcolo:

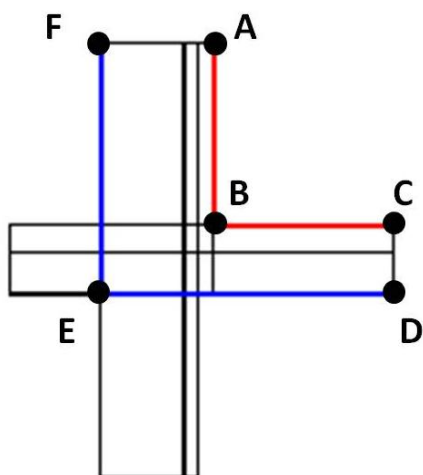
1)	$\Phi_{ABCD} = \Phi_{EF}$	nell'esempio $\Phi = 29.2 \text{ W}$
2)	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$	nell'esempio $L_{2D} = 29.2 / (20 - 0) = 1.46 \frac{\text{W}}{\text{K}}$
3)	$\Psi_i = L_{2D} - (S_{AB} \cdot U_{AF}) - (S_{CD} \cdot U_{DE})$	nell'esempio $\Psi_i = 1.46 - 1.75 \cdot 0.20 - 1.75 \cdot 0.20 = 0.76 \text{ W/mK}$ dove 1.75 è l'altezza della parete
4)	$\Psi_e = L_{2D} - S_{EF} \cdot U_{AF}$	nell'esempio $\Psi_e = 1.46 - 3.8 \cdot 0.20 = 0.70 \text{ W/mK}$

Coefficiente Ψ verso locali non riscaldati

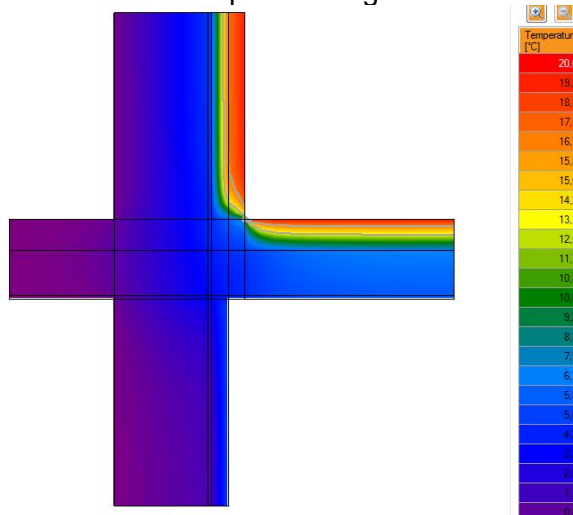
In presenza di locali non riscaldati la valutazione del coefficiente lineico diventa più elaborata.

Nell'esempio schematizzato di seguito le superfici a contatto con l'ambiente riscaldato (a 20°C) sono AB e BC. La superficie a contatto con l'esterno (a 0°C) è definita dal tratto EF e quella a contatto con il locale non riscaldato (a 5°C) dal tratto DE. I piani di taglio AF e CD sono determinati a una distanza dal nodo pari a 1m (oppure pari a 3 volte lo spessore della sezione dell'elemento omogeneo se superiore).

Schema del ponte termico:



Distribuzione delle temperature agli elementi finiti:



Risultati del calcolo:

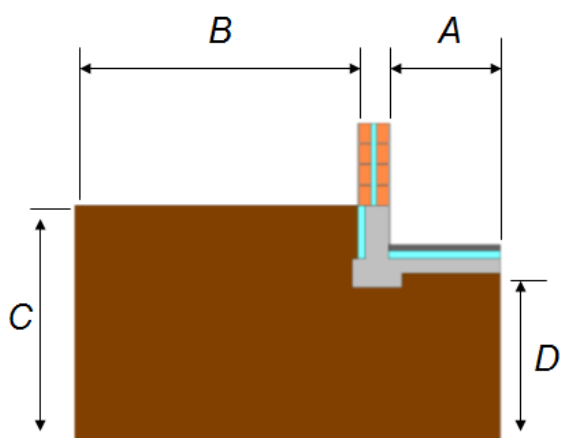
1)	$\Phi_{ABC} = \Phi_{DEF}$	nell'esempio $\Phi = 15.4 \text{ W}$
2)	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$	nell'esempio $L_{2D} = 15.4 / (20 - 0) = 0.77 \frac{\text{W}}{\text{K}}$
3)	$\Psi_i = L_{2D} - (S_{AB} \cdot U_{AF}) - b_{tr,U} \cdot (S_{BC} \cdot U_{CD})$	<p>nell'esempio</p> $\Psi_i = 0.77 - 1 \cdot 0.45 - 0.75 \cdot (1 \cdot 0.23) = 0.15 \text{ W/mK}$ <p>dove $b_{tr,U} = \frac{T_{ai} - T_{nr}}{T_{ai} - T_{ae}} = 0.75$</p> <p>e dove 1 è la lunghezza dei tratti considerati</p>
4)	$\Psi_e = L_{2D} - (S_{EF} \cdot U_{AF}) - b_{tr,U} \cdot (S_{DE} \cdot U_{CD})$	<p>nell'esempio</p> $\Psi_e = 0.77 - 1.45 \cdot 0.45 - 0.75 \cdot (1.50 \cdot 0.23) = -0.14 \text{ W/mK}$ <p>dove $b_{tr,U} = \frac{T_{ai} - T_{nr}}{T_{ai} - T_{ae}} = 0.75$</p> <p>e dove 1.45 e 1.50 sono le lunghezze dei tratti</p>

Coefficiente Ψ verso il terreno

In presenza di ponti termici a contatto con il terreno la norma UNI EN ISO 10211 prevede un calcolo del coefficiente L_{2D} considerando due differenti criteri per la definizione dei piani di taglio a seconda che l'obiettivo sia la valutazione della temperatura superficiale o del flusso termico.

IRIS calcola entrambi i criteri e usa sempre la più grande delle due dimensioni per definire i quattro piani di taglio A, B, C e D. I criteri della norma sono descritti nella tabella seguente.

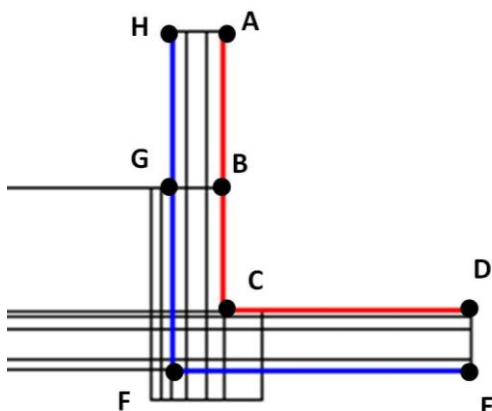
Obiettivo del calcolo		
	Temperatura superficiale	Flusso termico e temperatura superficiale
A	Almeno tre volte lo spessore della parete	0.5 x dimensione (larghezza o lunghezza) del pavimento perpendicolare alla parete in questione
B	Almeno tre volte lo spessore della parete	2.5 x larghezza del pavimento (intesa come la dimensione minima tra larghezza o lunghezza del pavimento)
C	Almeno 3 metri	2.5 x larghezza del pavimento
D	Almeno 1 metro se il pavimento è interrato per almeno 2 metri. Altrimenti almeno 3 metri.	2.5 x larghezza del pavimento se il pavimento è interrato per almeno 2 metri. Altrimenti 2.5 x larghezza del pavimento.



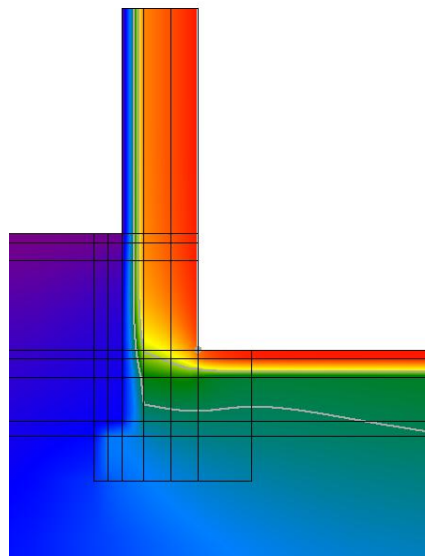
Descrizione delle dimensioni minime per la posizione del piano di taglio per nodi comprendenti il terreno in funzione dell'obiettivo del calcolo. Fonte: UNI EN ISO 10211, Prosp. 1.

Nell'esempio schematizzato di seguito si analizza un esempio in cui le superfici a contatto con l'ambiente riscaldato (a 20°C) sono ABC e CD; la superficie a contatto con l'esterno (a 0°C) è definita dal tratto GH e quella a contatto con il terreno dal tratto orizzontale EF e dal tratto verticale FG.

Schema del ponte termico:



Distribuzione delle temperature agli elementi finiti:



Risultati del calcolo:

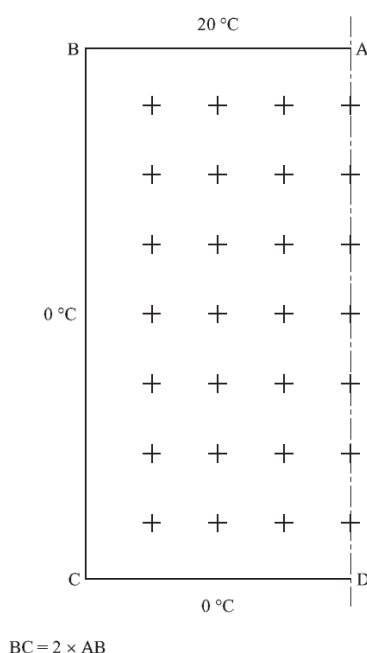
1)	$\Phi_{ABCD} = \Phi_{EFGH}$	nell'esempio $\Phi = 20.1 \text{ W}$
2)	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$	nell'esempio $L_{2D} = 20.1 / (20 - 0) = 1.0 \frac{\text{W}}{\text{K}}$
3)	$\Psi_i = L_{2D} - S_{AB} \cdot U_{AH} - S_{BC} \cdot U_{BG} - S_{CD} \cdot U_{DE}$ dove $U_{BG} = U_{bw}$ ovvero trasmittanza della struttura parete-terreno e $U_{DE} = U_{bf}$ ovvero trasmittanza della struttura solaio-terreno calcolate in accordo con UNI EN ISO 13370	nell'esempio si ipotizza: $U_{bw} = 0.209 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{bf} = 0.248 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\Psi_i = 1.0 - 1 \cdot 0.238 - 0.65 \cdot 0.209 - 2.3 \cdot 0.248 = 0.06 \text{ W/mK}$
4)	$\Psi_e = L_{2D} - S_{GH} \cdot U_{AH} - S_{GF} \cdot U_{BG} - S_{EF} \cdot U_{DE}$ dove $U_{BG} = U_{bw}$ ovvero trasmittanza della struttura parete-terreno e $U_{DE} = U_{bf}$ ovvero trasmittanza della struttura solaio-terreno calcolate in accordo con UNI EN ISO 13370	nell'esempio si ipotizza: $U_{bw} = 0.209 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{bf} = 0.248 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\Psi_e = 1.0 - 1 \cdot 0.238 - 1.15 \cdot 0.209 - 2.75 \cdot 0.248 = -0.16 \text{ W/mK}$

APPENDICE B. Validazione del calcolo

La norma UNI EN ISO 10211 propone in Appendice A la procedura di validazione del metodo di calcolo sulla base dei risultati di due casi di prova. La validazione consiste nella dimostrazione di uno scostamento minimo nella soluzione degli stessi rispetto alla soluzione analitica descritta dalla norma. Di seguito i risultati della validazione ottenuta con il software IRIS.

Caso 1

Calcolo dello scambio termico nella metà di una colonna di sezione quadrata con geometria e condizioni al contorno come da figura. La validazione è superata se si dimostra uno scostamento inferiore a 0.1°C per le temperature calcolate su una griglia di 28 punti equidistanti (come rappresentati in figura) rispetto ai risultati proposti.

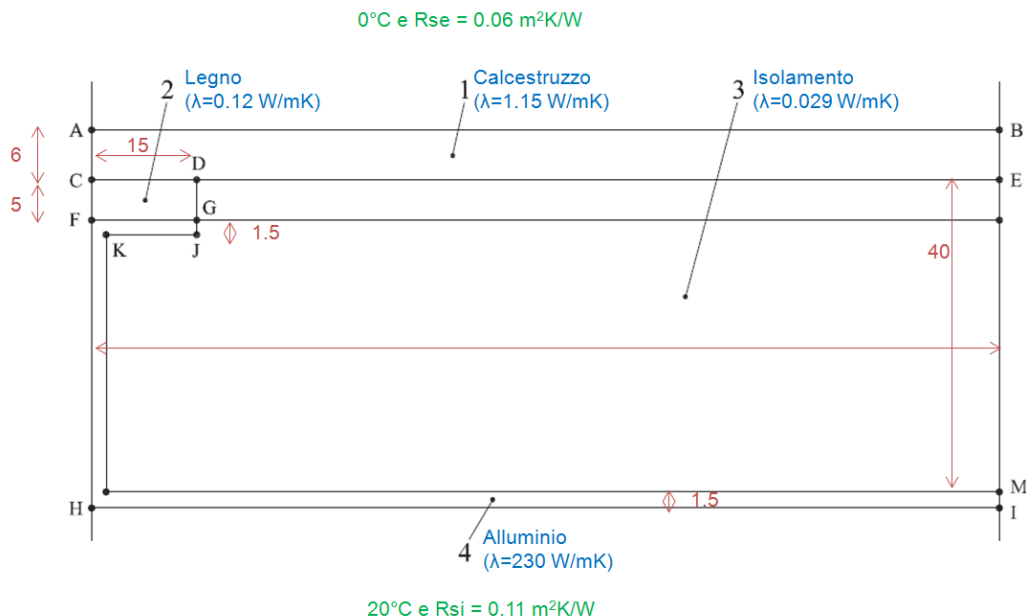


Soluzione analitica proposta dalla norma rispetto ai punti della griglia (valori in $^{\circ}\text{C}$)				Soluzione ottenuta con IRIS 6 (valori in $^{\circ}\text{C}$)			
9.7	13.4	14.7	15.1	9.65	13.38	14.73	15.08
5.3	8.6	10.3	10.8	5.25	8.64	10.31	10.81
3.2	5.6	7.0	7.5	3.19	5.61	7.01	7.46
2.0	3.6	4.7	5.0	2.01	3.64	4.66	5.00
1.3	2.3	3.0	3.2	1.26	2.31	2.99	3.22
0.7	1.4	1.8	1.9	0.74	1.36	1.77	1.91
0.3	0.6	0.8	0.9	0.34	0.63	0.82	0.89

Scostamento della temperatura inferiore a 0.1°C : **METODO VALIDATO**

Caso 2

Calcolo dello scambio termico bidimensionale per un modello descritto come da figura (geometrie e materiali noti). La differenza tra le temperature calcolate con il metodo da validare e le temperature elencate nella norma non deve essere maggiore di 0.1°C . La differenza tra il flusso calcolato con il metodo da validare e i flussi elencati nella norma non deve essere maggiore di 0.1 W/m .



Soluzione analitica proposta dalla norma rispetto ai punti della figura (valori in $^{\circ}\text{C}$)			Soluzione ottenuta con IRIS 6 (valori in $^{\circ}\text{C}$)		
A: 7.1	B: 0.8	C: 7.9	A: 7.13	B: 0.76	C: 7.96
D: 6.3	E: 0.8	F: 16.4	D: 6.33	E: 0.83	F: 16.37
G: 16.3	H: 16.8	I: 18.3	G: 16.30	H: 16.74	I: 18.33
Portata termica totale: 9.5 W/m			Portata termica totale: 9.549 W/m		

Scostamento della temperatura inferiore a 0.1°C : **METODO VALIDATO**

Scostamento del flusso inferiore a 0.1 W/m : **METODO VALIDATO**