

IRIS 4

MANUALE DEL SOFTWARE



LOGICHE DI UTILIZZO DEL SOFTWARE IRIS 4

Milano, 7 settembre 2017

Il manuale è basato sulla versione di IRIS 4.1.0.1

Sviluppo software: TEP s.r.l.

Distribuzione software: ANIT

Via Lanzone, 31 – 20123 Milano

P. IVA e C. F. 10429290157

tel. 02-89415126

software@anit.it

www.anit.it

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
Modelli di calcolo e database.....	4
Attivazione del software	5
La suite dei software ANIT	5
2. MENÙ GENERALE	6
(A) Progetto	6
(B) Strumenti	6
(C) Manuale, video tutorial e informazioni generali	7
3. DATI DEL PROGETTO	8
4. DATI CLIMATICI ESTERNI	9
(A) Selezione della località	9
(B) Dati geografici e climatici generali.....	10
(C) Dati climatici medi mensili.....	10
(D) Trasmittanza termica di riferimento e limite	10
(E) Normativa di riferimento per i dati climatici	10
5. DATI CLIMATICI INTERNI.....	12
(A) Dati noti	12
(B) Valori critici	13
(C) Dati medi mensili	13
6. ELENCO DEI PONTI TERMICI	15
(A) Aggiungi nuovo	15
(B) Aggiungi da archivio.....	16
(C) Pannello di controllo dei ponti termici	16
7. ANALISI DEL PONTE TERMICO	17
(A) Nome del ponte termico	18
(B) Visualizzazione del ponte termico	18
(C) Inserimento/modifica dati	18
(D) Inserisci materiale	19
(E) Calcola il ponte termico	19
8. RISULTATI.....	20
(A) Risultati in forma grafica.....	20
(B) Flussi [W].....	22
(C) Coefficienti lineici [W/mK].....	22
(D) Condensa e muffa.....	23
9. RELAZIONE E RELAZIONE PROGETTO	24
Appendice A. Esempi di calcolo	25
Esempio 1: ponte termico d'angolo	25
Esempio 2: nodo serramento, sezione verticale	31
Esempio 3: nodo balcone	35
Esempio 4: pilastro fuori spessore	40
Esempio 5: copertura disomogenea	45

Esempio 6: nodo controterra	49
Esempio 7: nodo controterra con vespaio	54
Appendice B. Significato del coefficiente Ψ	58
Coefficiente Ψ verso l'ambiente esterno	59
Coefficiente Ψ verso locali non riscaldati	60
Coefficiente Ψ verso il terreno.....	61
Appendice C. Logiche di modellizzazione.....	63
Appendice D. Validazione del calcolo	66
Caso 1	66
Caso 2	67

Tutti i diritti sono riservati

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT.
I contenuti sono curati dallo Staff ANIT e sono aggiornati alla data in copertina.

1. INTRODUZIONE

IRIS è il software della suite ANIT 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 richieste di legge definite a livello nazionale dal DM 26/6/2015.

Modelli di calcolo e database

IRIS implementa i modelli di calcolo forniti dalle seguenti norme:

UNI EN ISO 10211:2008	Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati
UNI EN ISO 14683:2008	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 13370:2008	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo

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

UNI 10351:2015	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 EN ISO 6946:2008	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo

Attivazione del software

Alla prima installazione del software è possibile:

- attivare la versione soci ANIT individuali: IRIS è utilizzabile per tutto il periodo dell'associazione (12 mesi). L'attivazione avviene attraverso l'inserimento delle proprie credenziali di socio ANIT (email e password utilizzate sul sito www.anit.it) e con un collegamento internet attivo (solo per il primo avvio di IRIS)
- attivare la versione altri utenti: IRIS è utilizzabile attraverso lo scambio di un codice macchina come da istruzioni presenti nella finestra di dialogo.
- attivare la versione a tempo: IRIS è utilizzabile per 30 giorni senza limiti.

Per maggiori informazioni sulle modalità di associazione ad ANIT e fruizione dei software, visita il sito: www.anit.it.



La suite dei software ANIT

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

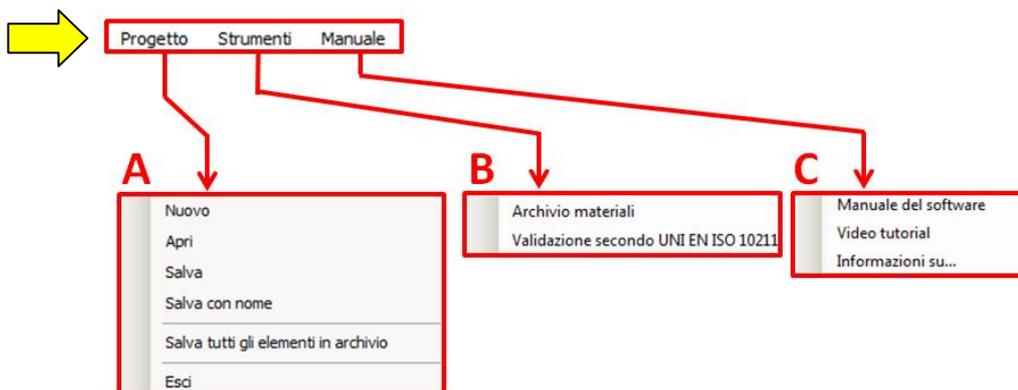
I ponti termici simulati con IRIS possono essere costruiti partendo dalle stratigrafie salvate con PAN (pareti, coperture e pavimenti).

I ponti termici creati con IRIS, a loro volta, possono essere salvati nel database condiviso dei software ANIT (si veda il capitolo "Elenco dei ponti termici") per essere richiamati in LETO per l'analisi del fabbisogno energetico degli edifici e per la predisposizione della relazione tecnica (ex Legge 10), dell'APE e dell'AQE.



2. MENÙ GENERALE

Dal menù generale si può accedere ai comandi di gestione dei file (A), all'archivio dei materiali, alle informazioni sulla validazione (B), al manuale, ai video tutorial e alle informazioni generali sul software (C).



(A) Progetto

Dalla voce "Progetto" si possono richiamare i comandi standard (nuovo, apri, salva, ecc.) per la gestione del file .iris contenente il progetto dell'edificio.

Il file .iris può essere archiviato in cartelle locali o in cloud e può essere aperto dai software IRIS e LETO.

(B) Strumenti

Dalla voce "Archivio materiali" è possibile gestire/creare/eliminare i materiali creati dall'utente e quelli importati. Le informazioni visualizzate e le modifiche effettuate sono condivise con il software PAN. Per creare un nuovo materiale è necessario selezionare la categoria in cui lo si vuole archiviare dalla tendina "Tipo di materiale" e indicare la fonte di provenienza delle informazioni.

Tipo di materiale	Descrizione	Spes. (m)	Densità (kg/m³)	Conduktiv. (W/mK)	Cal. spec. (kcal/KgK)	Fattore res. vap.	Elimina
185 ISO	Isolante A	0,000	15,0	0,032	0,30	8,07	<input type="checkbox"/>
190 VAR	Isolante B	0,050	33,0	0,040	0,23	10	<input type="checkbox"/>

Dati materiale

Descrizione: Isolante A

Spessore: 0,000 m

Densità: 15,0 kg/m³

Conduktiv. 0,032 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 8,9

Calore specifico (inserirlo il valore in kcal/kg K oppure in J/kg K): 0,300 kcal/kg K

1255 J/kg K

Salva

Elimina Esci

In funzione della categoria selezionata il materiale viene considerato omogeneo o non omogeneo. Questa scelta comporta alcune differenze tecniche nella descrizione del materiale:

- per i materiali **omogenei** è necessario inserire:
 - densità σ [kg/m³]
 - conduttività termica λ [W/mK]
 - fattore di resistenza al vapore μ [-]
 - calore specifico c [J/kgK] o [kcal/kgK]
- per i materiali **non omogenei** è necessario inserire:
 - spessore rispetto alla direzione di flusso [m]
 - massa superficiale [kg/m²]
 - resistenza termica del prodotto [m²K/W]
 - fattore di resistenza al vapore μ [-]
 - calore specifico c [J/kgK] o [kcal/kgK]

Materiali omogenei			
CLS – Calcestruzzi	GOM – Gomme	IMP – Impermeabilizzanti	INT – Intonaci
ISO – Isolanti	LEG – Legni	MET – Metalli	PAV – Pavimentazioni
PLA – Plastiche	ROC – Rocce	SIG – Sigillanti	VAR – Materiali vari
Materiali non omogenei			
MUR – Murature	SOL - Solai		

Dalla voce “Validazione secondo UNI EN ISO 120211” si accede alla visualizzazione dei due caso di studio risolti in accordo con le indicazioni della norma. Per approfondire questo argomento si rimanda all’Appendice D.

(C) Manuale, video tutorial e informazioni generali

Da questa voce si può richiamare il manuale del software, la pagina youtube con i video tutorial sul funzionamento di IRIS (per accedervi serve un collegamento internet attivo) e le informazioni generali sulla versione installata, sulla data dell’aggiornamento e sugli autori.

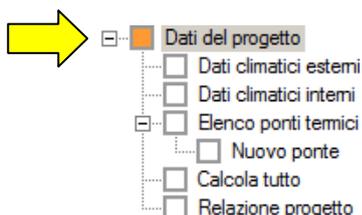


3. DATI DEL PROGETTO

La schermata “Dati del progetto” è la prima visualizzata al lancio del software ed è richiamabile cliccando sulla prima voce del menu ad albero.

Lo scopo della schermata è quello di raccogliere le informazioni generali del progetto che verranno richiamate nella prima pagina della relazione finale.

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



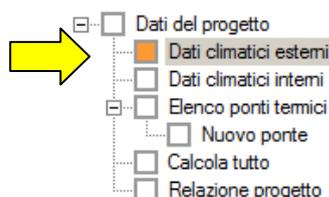
Dati del progetto

Nome del progetto	<input type="text" value="Ristrutturazione via Roma"/>		
Committente	<input type="text" value="Sig. Rossi"/>		
Indirizzo	<input type="text" value="via Roma 1"/>		
Telefono	<input type="text" value="123456"/>	E-mail	<input type="text" value="email@anit.it"/>
Calcolo eseguito da	<input type="text" value="Ing. Bianchi"/>		
Commento	<input type="text"/>		

4. DATI CLIMATICI ESTERNI

La schermata “Dati climatici esterni” presenta le informazioni climatiche della località selezionata (A). I dati visualizzati riguardano una serie di informazioni utili per la caratterizzazione climatica della località (B), i valori medi mensili di temperatura, pressione e umidità (C) e le trasmittanze di riferimento e trasmittanze limite in accordo con il DM 26/6/15 (D).

Le informazioni climatiche sono ricavate dalla norma UNI 10349 versione 2016 o versione 1994 e dal DPR 412/93 (E).



Dati climatici esterni

A

Provincia di appartenenza
AL - ALESSANDRIA

Comuni della provincia di ALESSANDRIA
Acqui Terme

Provincia di riferimento per il calcolo dei dati climatici
AL - ALESSANDRIA

B

Lattitudine 44° 40'

Longitudine 8° 28'

Altitudine s.l.m. 156 m

Temperatura di progetto -8,3 °C

Temperatura media del mese più freddo 1,2 °C

Temperatura media della stagione di riscaldamento 5,4 °C

Temperatura media annuale 12,0 °C

Gradi giorno 2613

Zona climatica E

C

	Temperatura [°C]	Pressione [Pa]	Umidità rel. [%]
► gennaio	1,2	601	91
febbraio	3,8	687	86
marzo	8,0	808	75
aprile	11,5	1028	76
maggio	17,1	1448	74
giugno	21,2	1660	66
luglio	23,1	2036	72
agosto	22,0	1769	67
settembre	17,2	1563	80
ottobre	12,1	1211	86
novembre	6,3	912	96
dicembre	0,8	625	97

D

Trasmittanze termiche di riferimento secondo DM 26/06/15

	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
► Coperture	0,25	0,22
Pareti	0,30	0,26
Pavimenti	0,30	0,26

Trasmittanze termiche limite per edifici esistenti secondo DM 26/06/15

	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019
► Coperture	0,26	0,24
Pareti	0,30	0,28
Pavimenti	0,31	0,29

E

Fonte dei dati climatici

UNI 10349:2016

UNI 10349:1994

Fonte dei gradi giorno

DPR 412/93

UNI 10349:2016

(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 e umidità relativa 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;
- i valori orari di temperatura e irradianza;
- il valore di gradi giorno per la località.

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:

- 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 i valori di temperatura oraria del giorno tipico estivo;
- 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 in base alle latitudini delle due province selezionate e del comune di riferimento.

(B) Dati geografici e climatici generali

Le coordinate geografiche sono prese dalla norma UNI 10349 per i capoluoghi di provincia e da 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.

I gradi giorno visualizzati sono presi dal DPR 412/93 o dalla norma UNI 10349:2016 in base alla selezione fatta al punto (E). Gli altri valori della sezione riguardano parametri climatici generali.

(C) Dati climatici medi mensili

I valori di temperatura dell'aria esterna e pressione di vapore sono richiamati dalla norma UNI 10349. Il valore di umidità relativa (UR%) è calcolato da IRIS per ogni mese in base a procedure nominate a partire dalla temperatura dell'aria esterna e dalla pressione di vapore.

(D) Trasmittanza termica di riferimento e limite

Le tabelle propongono:

- i valori di trasmittanza termica di riferimento nazionali,
- i valori di trasmittanza termica limite per edifici esistenti,

in accordo con il DM 26/6/15 e in vigore a partire dal 1° ottobre 2015. Si segnala che in alcune regioni sono in vigore valori diversi da quelli presentati. Per approfondire si rimanda alle Guide ANIT e alle informazioni pubblicate sul sito www.anit.it.

(E) Normativa di riferimento per i dati climatici

La selezione di *default* dei dati climatici è in accordo con la norma UNI 10349:2016 ad eccezione dei gradi giorno in accordo con il DPR 412/93 (il decreto ha tuttora un peso legislativo superiore alla norma e deve essere utilizzato per la definizione dei gradi giorno e della zona climatica).

Tali condizioni pre-impostate possono comunque essere modificate a piacere dall'utente.

Le principali differenze tra le due versioni della UNI 10349 sono descritte nello schema seguente:

	UNI 10349:2016	UNI 10349:1994
Entrata in vigore	Giugno 2016 (pubblicata a Marzo 2016)	Aprile 1994
Dati medi mensili	Per ogni stazioni 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	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

IRIS 4 – MANUALE DEL SOFTWARE

Sviluppo software: TEP srl

Distribuzione software: ANIT

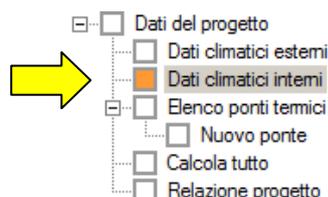


	valore della temperatura di progetto, della temperatura media annuale, della temperatura media nella stagione di riscaldamento, dei gradi giorno e dell'irradianza media del mese di massima insolazione.	selezione modifica anche il valore mensile di irradiazione solare globale giornaliera sul piano orizzontale.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

5. 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 valori medi mensili interni (C).



Dati climatici interni

A Dati noti

Classe di concentrazione del vapore all'interno

Temperatura interna e umidità

Ricambio d'aria e produzione di vapore

Condizioni standard DM 26/06/15

B Mese critico per la condensa: Resistenza minima per evitare condensa: mK/W

Mese critico per il rischio muffe: Resistenza minima per evitare rischio muffe: mK/W

C 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

	Temperatura esterna [°C]	Pressione esterna [Pa]	Temperatura interna [°C]	Pressione interna [Pa]	Umidità relativa interna [%]	Pressione superficiale minima rischio muffa [Pa]	Temperatura superficiale minima rischio muffa [°C]	Temperatura superficiale minima condensazione [°C]	Fattore di temperatura rischio muffa	Fattore di temperatura condensazione
▶ gennaio	1,16	601,36	20,00	1370,1	58,6	1712,6	15,07	11,65	0,7385	0,5569
febbraio	3,80	686,85	20,00	1361,9	58,3	1702,4	14,98	11,56	0,6902	0,4791
marzo	8,03	808,03	20,00	1332,9	57,0	1666,2	14,65	11,24	0,5529	0,2680
aprile	11,49	1027,55	20,00	1429,7	61,2	1787,2	15,74	12,30	0,4994	0,0953
maggio	17,10	1447,94	18,00	1651,1	80,0	2063,8	18,01	14,51	1,0086	-2,8599
giugno	21,23	1659,81	21,23	1759,8	69,8	2199,8	19,03	15,50	0,0000	0,0000
luglio	23,08	2035,57	23,08	2135,6	75,7	2669,5	22,17	18,55	0,0000	0,0000
agosto	22,01	1768,75	22,01	1868,8	70,7	2335,9	19,99	16,44	0,0000	0,0000
settembre	17,18	1562,87	18,00	1762,8	85,5	2203,5	19,05	15,52	2,2916	-2,0338
ottobre	12,08	1210,69	20,00	1591,8	68,1	1989,7	17,43	13,94	0,6751	0,2349
novembre	6,28	911,81	20,00	1498,8	64,1	1873,6	16,48	13,02	0,7433	0,4912
dicembre	0,77	625,21	20,00	1407,7	60,2	1759,7	15,50	12,06	0,7658	0,5872

(A) Dati noti

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

Le possibilità di selezione sono:

- classe di concentrazione del vapore all'interno: l'utente sceglie la 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 interno e umidità: l'utente sceglie un valore di temperatura interna 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 utilizzate per le verifiche di legge fino al 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).

Il metodo selezionato di *default* nella schermata è quello della “Classe di concentrazione del vapore all'interno” poiché richiamato dal DM 26/6/15 (Decreto sui requisiti minimi) con la selezione della Classe 3.

(B) Valori critici

Sono individuati 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 riportato nella sezione (C) più alto. I valori di resistenza minima sono calcolati in accordo con UNI EN ISO 13788 come:

$$U_{critica} = 4 \cdot (1 - f_{rischio,max}) \quad [5.1]$$

$$R_{critica} = 1/U_{critica} \quad [5.2]$$

dove:

$U_{critica}$ trasmittanza critica [W/m²K]

$f_{rischio,max}$ fattore di rischio massimo [-] individuato nella tabella alla sezione (C) della schermata

$R_{critica}$ Resistenza termica critica (minima accettabile) [m²K/W]

(C) Dati medi mensili

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

I valori climatici esterni (temperatura esterna e pressione esterna) sono presi in base alle selezioni fatte nella schermata “Dati climatici esterni”.

La temperatura interna è definita in accordo con UNI EN ISO 13788, ovvero:

- pari a 20°C per i mesi di funzionamento del riscaldamento,
- 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.

Le condizioni di pressione di vapore interna (e conseguente valore di umidità relativa) sono ricavate in accordo con UNI EN ISO 13788 in base al metodo selezionato nella sezione (A) della schermata.

I valori della temperatura superficiale minima del rischio muffa e del rischio di condensa superficiale sono ricavati a partire dalle condizioni climatiche interne (si veda il box riportato di seguito con un esempio di calcolo).

I fattori di temperature rischio muffa e rischio condensazione sono ricavati come segue:

$$f_{rischio} = \frac{(T_{rischio} - T_e)}{(T_i - T_e)} \quad [5.3]$$

dove:

$f_{rischio}$ fattore di rischio [-]

$T_{rischio}$ temperatura di rischio [°C] pari alla temperatura superficiale minima di rischio muffa o alla temperatura superficiale minima di condensazione in base al tipo di "rischio" che si sta valutando

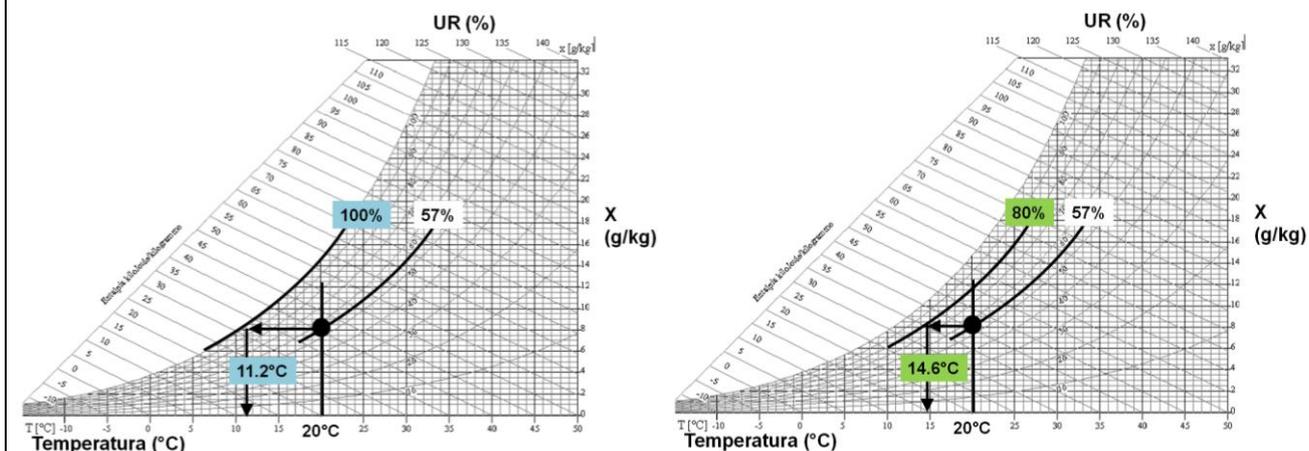
T_e temperatura dell'aria esterna [°C]

T_i temperatura dell'aria interna [°C]

Temperatura superficiale minima di rischio condensazione e muffa

Dal diagramma psicrometrico, le temperature superficiali minime di rischio condensazione e muffa, possono essere individuate graficamente intercettando rispettivamente la curva dell'umidità relativa 100% e dell'80%.

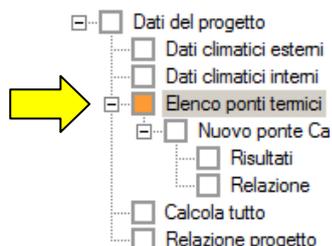
Nell'esempio mostrato di seguito, si analizza un ambiente con temperatura interna a 20°C e umidità relativa interna al 57%. Il valore di temperatura superficiale minima di condensazione è pari a 11.2°C (grafico a sinistra), mentre quello di rischio muffa è pari a 14.6°C (grafico a destra).



6. ELENCO DEI PONTI TERMICI

La schermata “Elenco dei ponti termici” consente di gestire i ponti termici del progetto.

Da qui è possibile creare nuovi ponti termici (A) o richiamare nel progetto ponti termici già presenti nel database interno (B). Ogni elemento presente nell’elenco può essere poi gestito individualmente dal pannello di controllo dei ponti termici (C).



Elenco dei ponti termici

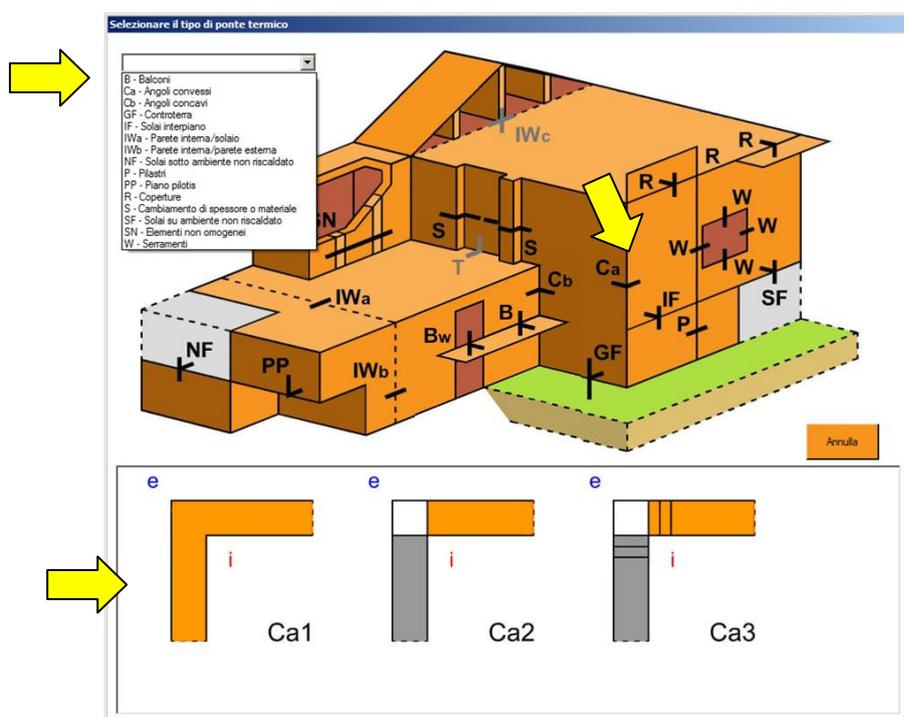
A **B**

C

	Tipo	Descrizione	Coefficiente lineico interno [W/m K]	Coefficiente lineico esterno [W/m K]	Rischio condensa	Rischio muffa				Salva nell'archivio locale
▶ 1	C	Nuovo ponte Ca	0,314	-0,065	✓	✗	Analizza	Duplica	Elimina	Salva

(A) Aggiungi nuovo

Cliccando su “Aggiungi nuovo” si 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 con l'elenco delle tipologie dei ponti termici di IRIS.

Una volta selezionata la tipologia, si procede cliccando su uno degli schemi disponibili nella parte bassa della finestra (gli schemi sono presentati in ordine crescente di complessità geometrica).

(B) Aggiungi da archivio

Cliccando su "Aggiungi da archivio" si apre la finestra di dialogo per l'inserimento delle strutture precedentemente salvate in archivio.

(C) Pannello di controllo dei ponti termici

In questa sezione sono elencati i ponti termici del progetto.

Per ogni elemento le informazioni disponibili riguardano la tipologia del ponte termico, il nome, il coefficiente lineico interno ed esterno e l'indicazione sul superamento delle verifiche di condensa superficiale e di rischio di muffa.

Le operazioni 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 il software LETO della suite ANIT.

7. 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 del nodo per accedere ai risultati elaborati agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211.

Per un approfondimento si veda anche:

- Appendice A. Esempi di calcolo
- Appendice B. Significato del coefficiente Ψ
- Appendice C: Logiche di modellizzazione



	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Parete 1	0,28	0,677
Parete 2	0,28	0,677

(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 di IRIS. In caso di salvataggio del singolo ponte termico nel database dei software ANIT il nome identifica il ponte termico anche al momento del richiamo in LETO.

(B) Visualizzazione del ponte termico

La visualizzazione richiama in partenza lo schema di base selezionato dall'utente e man mano che vengono inserite le informazioni, lo stato di avanzamento dell'analisi.

Sul lato di destra della schermata (in alto) sono presenti i comandi di zoom per ingrandire o rimpicciolire il disegno in caso di necessità.

Inoltre cliccando sullo schema col tasto destro del mouse è possibile:

- Copiare un materiale
- Inserire un materiale
- Dividere uno strato
- Eliminare un materiale



(C) Inserimento/modifica dati

Questa sezione della schermata raggruppa i principali strumenti per la creazione e gestione del ponte termico, ovvero:

- Inserisci strutture: in base alla tipologia del ponte termico l'utente seleziona una o più strutture per creare il nodo. La selezione può avvenire in due modalità: richiamando la stratigrafia dal database dei software ANIT (nel caso fosse già stata creata e salvata col software PAN), oppure creando da zero la stratigrafia attraverso la finestra di dialogo dedicata.
- Seleziona materiali: l'utente accede al database dei materiali presi dalla normativa vigente o precedentemente creati dal comando "Strumenti/Archivio materiale" disponibile nel menu principale (vd. capitolo 2 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 D della schermata e possono essere inserite nel disegno cliccando col tasto destro del mouse sul riquadro desiderato e selezionando il comando "Inserisci materiale".
- Modifica spessori: 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.

- Condizioni al contorno: 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.

(D) Inserisci materiale

In questa sezione sono visualizzati i dati che, nel caso di utilizzo del comando “inserisci materiale” disponibile col tasto destro del mouse, vengono attribuiti in un riquadro del ponte termico.

I dati visualizzati possono essere quelli:

- del materiale sul quale si clicca col tasto destro del mouse e si seleziona il comando “Copia materiale”;
- del materiale d’archivio (ovvero materiale richiamato da un norma tecnica o creato dall’utente) selezionato dal menu “Seleziona materiale” della sezione C della schermata;
- inseriti direttamente dall’utente nella sezione D.

(E) Calcola il ponte termico

Una volta completato l’inserimento di tutte le informazioni (geometriche, dei materiali e delle condizioni al contorno) si accede ai risultati della simulazione cliccando sul bottone “Calcola il ponte termico”.

Nella sezione E sono anche visualizzati i valori di spessore e trasmittanza delle stratigrafie presenti nello schema. Questa informazione è utile per un confronto con i dati di ingresso delle stratigrafie del nodo.

8. RISULTATI

Dalla pagina dei risultati è possibile visualizzare l'esito della simulazione agli elementi finiti. I risultati sono disponibili in forma grafica per quanto riguarda la distribuzione della temperatura, del flusso e dell'umidità relativa (A) e in forma tabellare (B), (C) ed (D).

- Dati del progetto
 - Dati climatici esterni
 - Dati climatici interni
- Elenco ponti termici
 - Nuovo ponte Ca
 - Risultati
 - Relazione
- Calcola tutto
- Relazione progetto

A

B

Flussi [W]			
	attraverso parete 1	attraverso parete 2	totale
Interno	16,021	16,021	32,042
Esterno	16,021	16,021	32,042

C

Coefficiente di accoppiamento L2d 1,667 W/m K

Coefficienti lineici [W/m K]			
	totale	attraverso parete 1	attraverso parete 2
Interno	0,312	0,156	0,156
Esterno	-0,067	-0,034	-0,034

Visualizza iterazioni

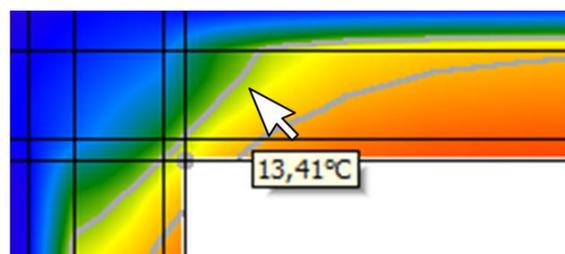
D

Condensa e muffa	
	Temperatura superficiale minima [°C]
Per evitare condensa	12,1
Per evitare formazione di muffe	15,5
Di progetto	13,5

(A) Risultati in forma grafica

I disegni riportano la distribuzione della temperatura, del flusso e dell'umidità relativa direttamente sullo schema del ponte termico calcolato.

Spostando il cursore del mouse sul disegno si visualizzano i dati calcolati nei singoli punti.

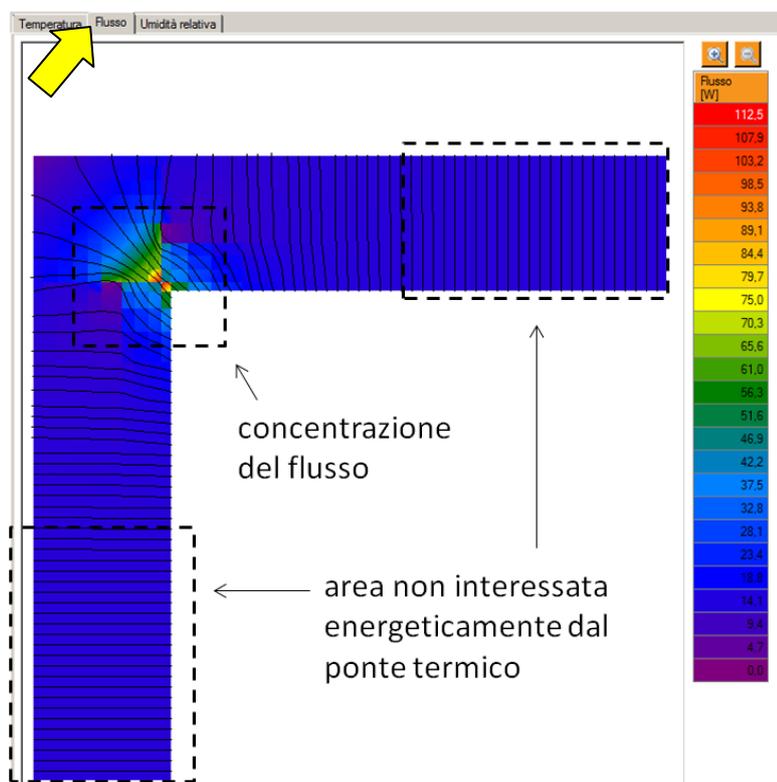


Distribuzione della temperatura [°C]



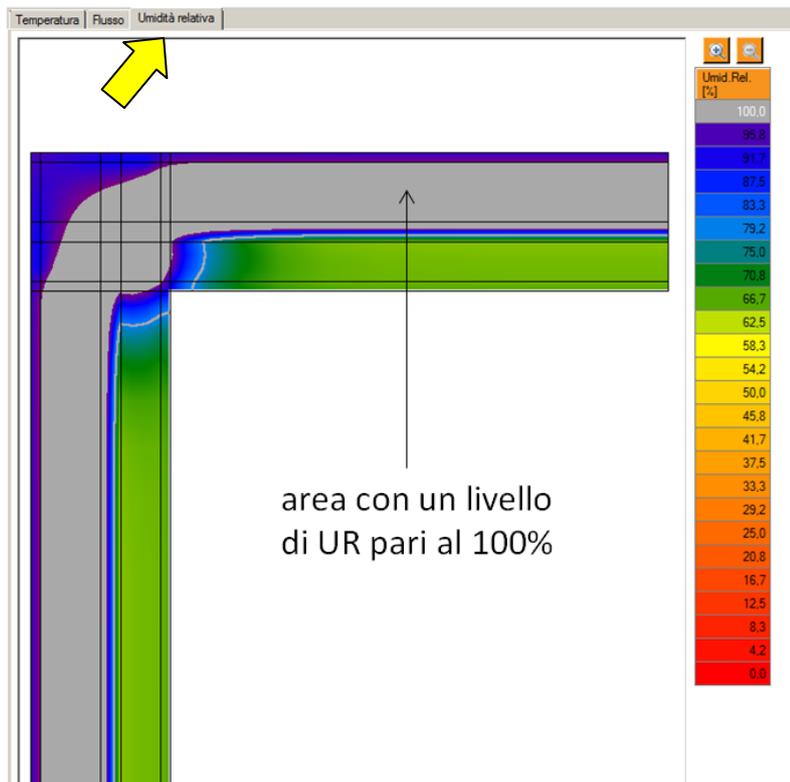
Nel disegno sono presenti due linee grigie rappresentanti le isoterme della temperatura di condensazione superficiale (a) e della temperatura di rischio muffa (b). Questa visualizzazione è pensata per agevolare l'identificazione delle zone soggette a tali fenomeni di rischio. Il pallino grigio (c) invece mostra la posizione del punto (o dei punti) con la temperatura superficiale interna più bassa (denominata temperatura di progetto). Questi tre riferimenti, ovvero temperatura di condensazione, di muffa e di progetto, sono presi dalla sezione (D) della schermata.

Distribuzione del flusso [W]



La 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.

Distribuzione dell'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.

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.

(B) Flussi [W]

I dati sono riferiti ai flussi termici totali e parziali (espressi in W) calcolati lungo il ponte termico. Per ogni riga della tabella il valore del flusso totale è dato dalla somma dei flussi parziali.

(C) Coefficienti lineici [W/mK]

I coefficienti lineici totali sono calcolati in accordo con UNI EN ISO 10211, ovvero:

$$\Psi_i = L_{2D} - \sum(U \cdot l_i) \quad [8.1]$$

$$\Psi_e = L_{2D} - \sum(U \cdot l_e) \quad [8.2]$$

dove:

Ψ_i coefficiente lineico interno (o trasmittanza lineica interna) [W/mK]

Ψ_e coefficiente lineico esterno (o trasmittanza lineica esterna) [W/mK]

L_{2D} Coefficiente d'accoppiamento termico ottenuto dal calcolo 2D agli elementi finiti del ponte termico [W/mK]

U Trasmittanza termica del componente di separazione tra le zone termiche individuate

l_i lunghezza interna a cui si applica la trasmittanza termica U

l_e lunghezza esterna a cui si applica la trasmittanza termica U

Nella tabella sono presentati i dati dei coefficienti lineici totali (ovvero attraverso l'intera geometria del ponte termico) e parziali (ovvero attraverso le singole strutture). Questa

informazione è utile per valutare l'effetto del ponte termico parziale nel caso sia necessari suddividere il "peso" energetico del ponte termico in più parti.

Dal bottone "Visualizza iterazioni" si accede alla tabella con i risultati ottenuti da IRIS 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%.

Infine lo schema riportato sotto la tabella mostra le linee di confine utilizzate per il calcolo delle dispersioni lungo le dimensioni geometriche interne (linea rossa) ed esterne (linea blu) del nodo.

(D) Condensa e muffa

La tabella mostra il valore della temperatura superficiale:

- di condensazione,
- di rischio muffa,
- di progetto.

I primi due valori dipendono dalle scelte fatte nella selezione delle condizioni al contorno.

Se l'utente ha lasciato le condizioni di *default*, i dati visualizzati sono presi dalla tabella dei "Dati climatici interni" in corrispondenza della 7^a e 8^a colonna del mese critico (evidenziato in giallo):

Condensa e muffa

Temperatura superficiale minima [°C]	12,1
Per evitare condensazione	15,5
Per evitare formazione di muffe	13,3
Di progetto	

Dati climatici interni

Dati noti:

- Classe di concentrazione del vapore all'interno
- Temperatura interna e umidità
- Ricambio d'aria e produzione di vapore

Condizioni standard: DM 26/06/15

Mese critico per la condensa: dicembre Resistenza minima per evitare condensa: 0,606 m²K/W

Mese critico per il rischio muffa: dicembre Resistenza minima per evitare rischio muffa: 1,067 m²K/W

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

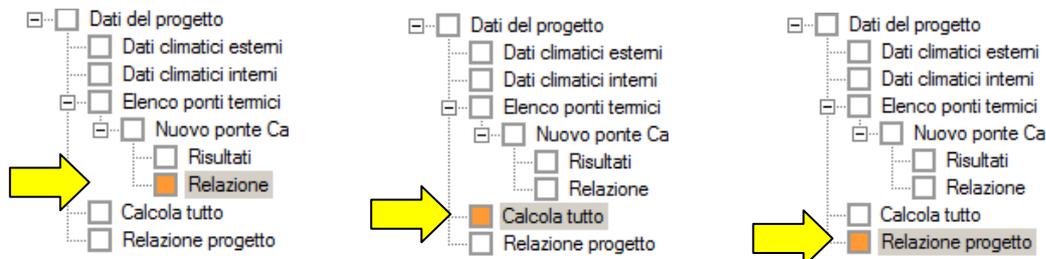
	Temperatura esterna [°C]	Pressione esterna [Pa]	Temperatura interna [°C]	Pressione interna [Pa]	Umidità relativa interna [%]	Pressione superficiale minima rischio muffa [Pa]	Temperatura superficiale minima rischio muffa [°C]	Temperatura superficiale minima condensazione [°C]	Fattore di temperatura rischio muffa	Fattore di temperatura condensazione
▶ gennaio	1,16	601,36	20,00	1370,1	58,6	1712,6	15,07	11,65	0,7385	0,5569
febbraio	3,80	686,85	20,00	1361,9	58,3	1702,4	14,98	11,56	0,6902	0,4791
marzo	8,03	808,03	20,00	1332,9	57,0	1666,2	14,65	11,24	0,5529	0,2680
aprile	11,49	1027,55	20,00	1429,7	61,2	1787,2	15,74	12,30	0,4994	0,0953
maggio	17,10	1447,94	18,00	1651,1	80,0	2063,8	18,01	14,51	1,0086	-2,8599
giugno	21,23	1659,81	21,23	1759,8	69,8	2199,8	19,03	15,50	0,0000	0,0000
luglio	23,08	2035,57	23,08	2135,6	75,7	2669,5	22,17	18,55	0,0000	0,0000
agosto	22,01	1768,75	22,01	1868,8	70,7	2335,9	19,99	16,44	0,0000	0,0000
settembre	17,18	1562,87	18,00	1762,8	85,5	2203,5	19,05	15,52	2,2916	-2,0338
ottobre	12,08	1210,69	20,00	1591,8	68,1	1989,7	17,43	13,94	0,6751	0,2349
novembre	6,28	911,81	20,00	1498,8	64,1	1873,6	16,48	13,02	0,7433	0,4912
dicembre	0,77	625,21	20,00	1407,7	60,2	1759,7	15,50	12,06	0,7658	0,5872

La temperatura di progetto è quella del punto sulla superficie interna del ponte termico con il valore più basso. La posizione di tale punto (o tali punti) è visualizzata nel grafico della distribuzione delle temperature tramite un pallino grigio.

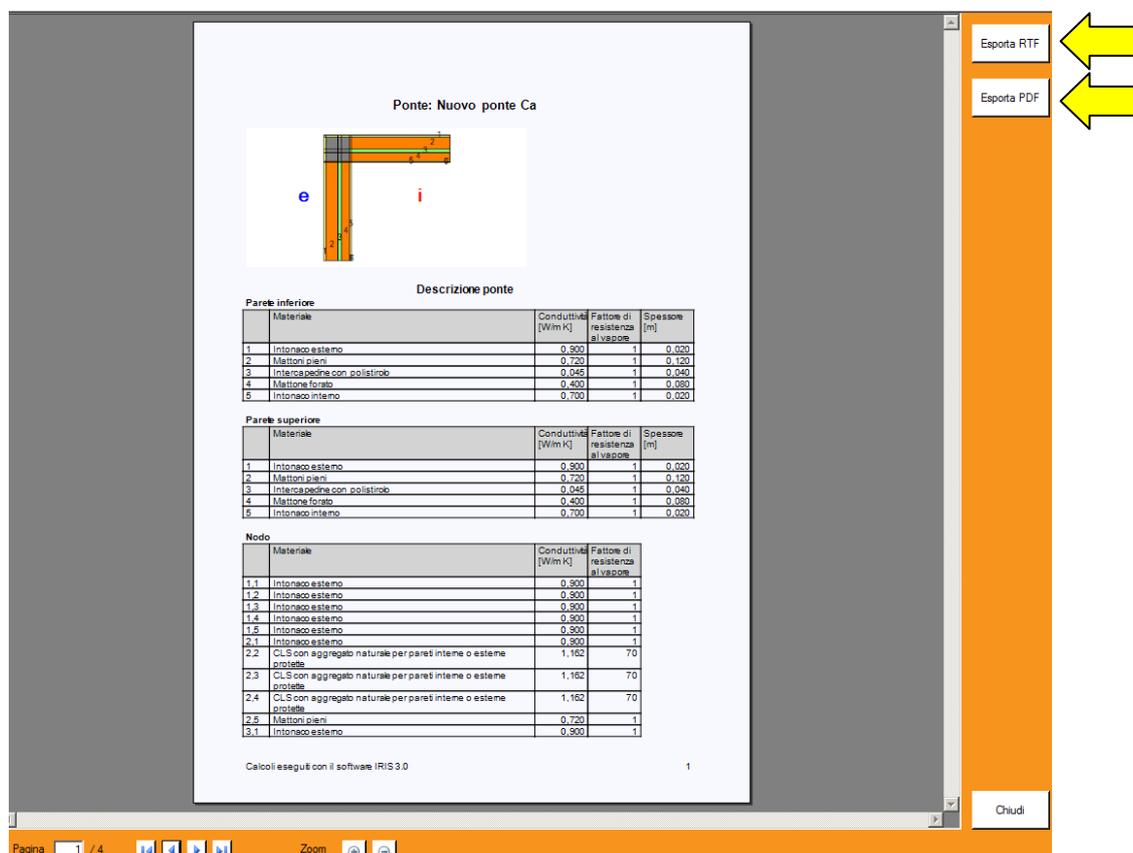
La cella della temperatura di rischio muffa si colora di rosso se la temperatura di progetto è inferiore a quella di rischio muffa, altrimenti si colora di verde.

9. RELAZIONE E RELAZIONE PROGETTO

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



La relazione contiene le informazioni generali del nodo analizzato (geometria e caratteristiche dei materiali), i dati delle condizioni al contorno e i risultati della simulazione agli elementi finiti. I risultati sono presentati in forma grafica attraverso la distribuzione della temperatura, del flusso e della concentrazione di umidità relativa, e in forma tabellare con un riepilogo delle verifiche di rischio di condensazione superficiale, di rischio muffa e del calcolo delle trasmittanze lineiche. Una volta visualizzata la relazione, è possibile effettuare un salvataggio in formato editabile (.rtf) o non editabile (.pdf).



Ponte: Nuovo ponte Ca

Descrizione ponte

Parete inferiore			
Materiale	Conducibilità [W/m K]	Fattore di resistenza al vapore	Spessore [m]
1 Intonaco esterno	0.300	1	0.020
2 Mattone pieno	0.720	1	0.120
3 Intonaco esterno con polistirolo	0.045	1	0.040
4 Mattone forato	0.400	1	0.080
5 Intonaco interno	0.700	1	0.020

Parete superiore			
Materiale	Conducibilità [W/m K]	Fattore di resistenza al vapore	Spessore [m]
1 Intonaco esterno	0.300	1	0.020
2 Mattone pieno	0.720	1	0.120
3 Intonaco esterno con polistirolo	0.045	1	0.040
4 Mattone forato	0.400	1	0.080
5 Intonaco interno	0.700	1	0.020

Nodo			
Materiale	Conducibilità [W/m K]	Fattore di resistenza al vapore	
1.1 Intonaco esterno	0.300	1	
1.2 Intonaco esterno	0.300	1	
1.3 Intonaco esterno	0.300	1	
1.4 Intonaco esterno	0.300	1	
1.5 Intonaco esterno	0.300	1	
2.1 Intonaco esterno	0.300	1	
2.2 CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne pirosetta	1.162	70	
2.3 CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne pirosetta	1.162	70	
2.4 CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne pirosetta	1.162	70	
2.5 Mattone pieno	0.720	1	
3.1 Intonaco esterno	0.300	1	

Calcoli eseguiti con il software IRIS 3.0

Esporta RTF

Esporta PDF

Chiudi

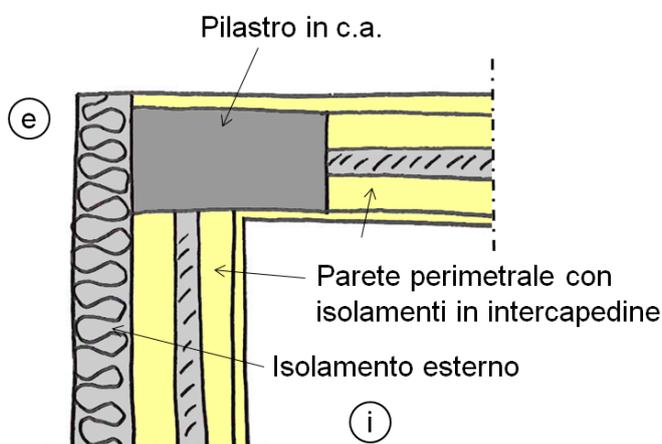
Appendice A. Esempi di calcolo

Di seguito sono riportati una serie di ponti termici sviluppati con IRIS.

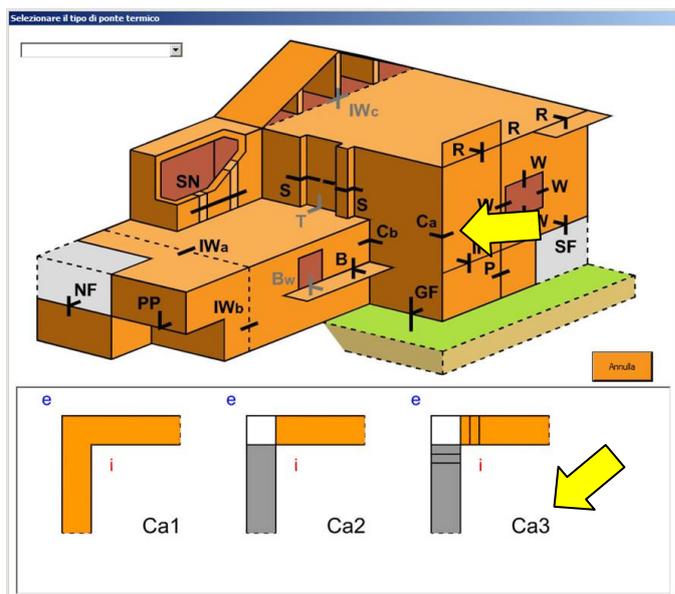
Lo scopo è esemplificare le logiche del software per la creazione di alcuni ponti termici ricorrenti. Per i casi mostrati si è ipotizzato il clima esterno di Alessandria e un clima interno tipico di un edificio residenziale (classe di concentrazione di vapore 3).

Esempio 1: ponte termico d'angolo

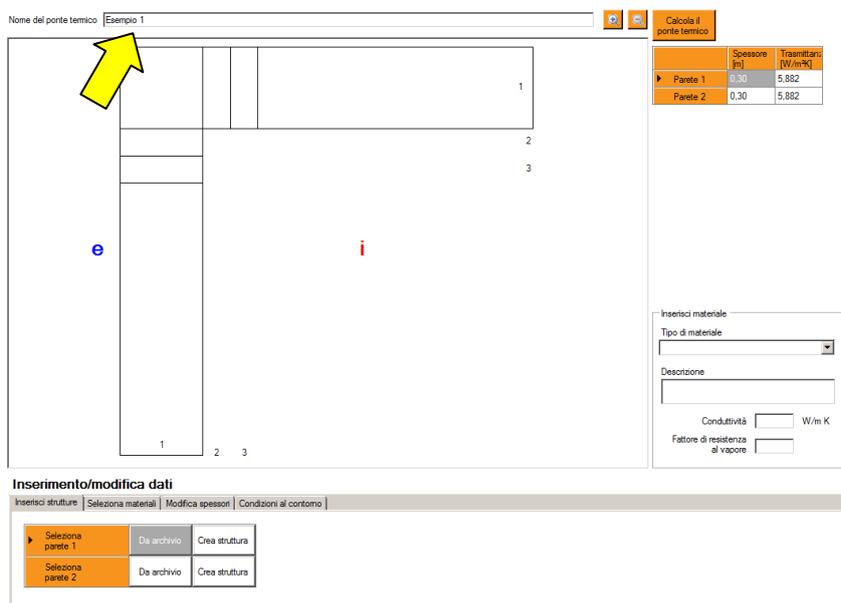
Ponte termico d'angolo con pilastro a base rettangolare e isolamento esterno su una sola facciata. Lo studio del nodo potrebbe simulare il caso di una riqualificazione energetica di un edificio esistente.



1. Come prima cosa bisogna individuare lo schema di partenza per l'analisi del ponte termico. Nel nostro caso la tipologia è Ca3.

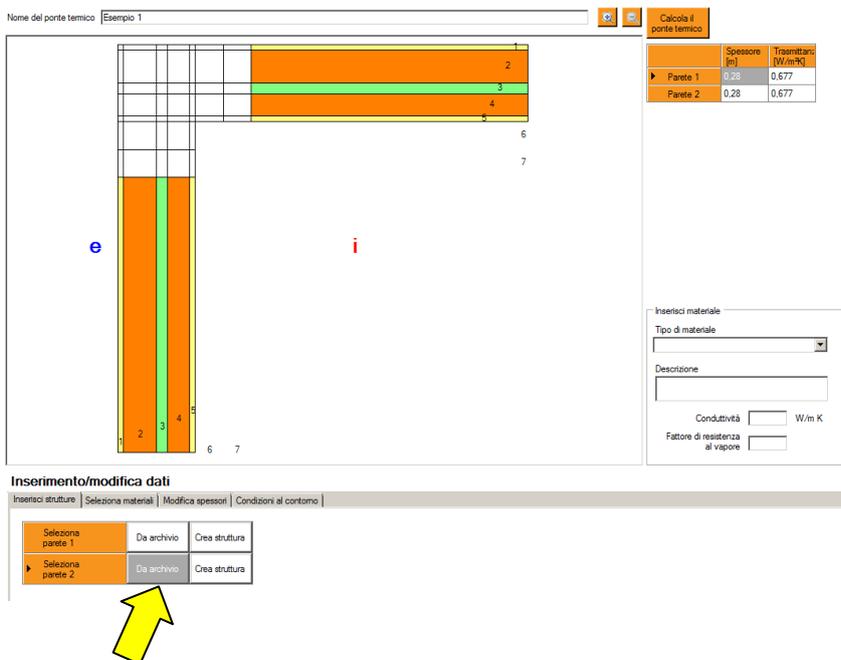


2. Dalla schermata d’analisi viene visualizzato lo schema di partenza per la creazione del nodo. Il nome del ponte termico è modificato in “Esempio 1”.



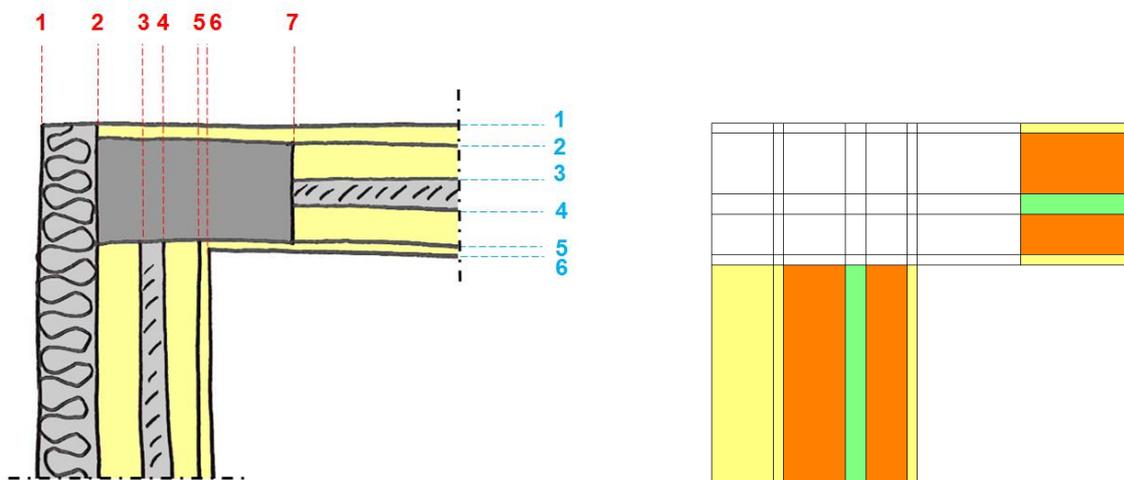
	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Parete 1	0,30	5,892
Parete 2	0,30	5,892

3. A questo punto l’utente deve descrivere la stratigrafia delle due pareti incidenti sull’angolo. Attraverso i comandi “Selezione parete” è possibile richiamare strutture già elaborate con il software PAN o creare le nuove stratigrafie direttamente con IRIS. Nel nostro caso si decide di richiamare sia per la parete 1 che per la parete 2 la stratigrafia di un elemento di tamponamento con doppio tavolato e isolamento in intercapedine.



	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Parete 1	0,23	0,677
Parete 2	0,23	0,677

4. Per la configurazione geometrica si parte dallo studio dei piani di taglio verticali e orizzontali necessari per la descrizione del ponte termico. Nel nostro caso il nodo si può descrivere con 7 piani di taglio verticali e 6 orizzontali.



5. Per ottenere la configurazione geometrica mostrata al punto precedente l'utente può:

- modificare gli spessori (verticali e orizzontali) dalla sezione "modifica spessori"
- creare nuovi piani di taglio utilizzando il comando "dividi strato" disponibile cliccando col tasto destro del mouse sullo strato selezionato.

Nell'esempio si è diviso lo strato dell'intonaco esterno sul lato sinistro dello schema e si sono corretti gli spessori con i seguenti dati:

Inserimento/modifica dati

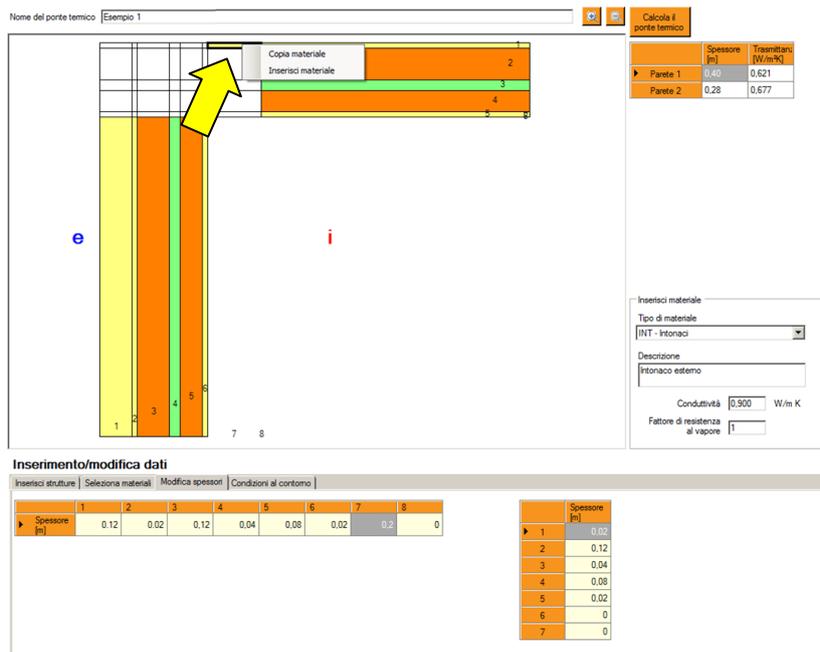
Inserisci strutture									Seleziona materiali									Modifica spessori									Condizioni al contorno								
Spessore [m]		1	2	3	4	5	6	7	8	Spessore [m]		1	2	3	4	5	6	7																	
		0.12	0.02	0.12	0.04	0.08	0.02	0.2	0			0.02	0.12	0.04	0.08	0.02	0	0																	

6. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali in uno dei seguenti modi:

- Copia e inserisci: se il materiale è già presente nello schema si può cliccare su di esso col tasto destro del mouse, selezionare il comando "Copia materiale", e copiare le stesse caratteristiche in un'altra sezione del disegno col comando "Inserisci materiale" (sempre dal tasto destro del mouse).
- Seleziona materiali: dalla voce del menu si può accedere all'archivio dei materiali di IRIS e selezionare un materiale presente. A questo punto spostando il cursore sul disegno si clicca col tasto destro del mouse e si seleziona "Inserisci materiale".

- Materiale utente: l'utente può descrivere le caratteristiche di un materiale utilizzando i comandi posti a destra del disegno. Una volta compilati tutti i campi, si sposta il cursore del mouse sul punto desiderato e col tasto destro si inserisce il materiale nello schema.

Nel nostro caso per i materiali presenti nella stratigrafia si è optato per il comando “copia e inserisci”, per la descrizione dell'isolamento esterno si è creato un “materiale utente” e per la descrizione del pilastro in c.a. si è utilizzato l'archivio dei materiali di norma.



Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Parete 1	0.49	0.621
Parete 2	0.28	0.677

Inserisci materiale

Tipo di materiale: [INT - Intonaci]

Descrizione: [Intonaco esterno]

Conducibilità: 0.900 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 1

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture	Seleziona materiali	Modifica spessori	Condizioni al contorno
	1	2	3
Spessore [m]	0.12	0.02	0.12
	4	5	6
	0.04	0.08	0.02
	7	8	0
	0.2	0	0

Utilizzo del comando “copia materiale”



Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Parete 1	0.49	0.621
Parete 2	0.28	0.677

Inserisci materiale

Tipo di materiale: [CLS - Calcestruzzo]

Descrizione: [CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette]

Conducibilità: 1.909 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 150

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture	Seleziona materiali	Modifica spessori	Condizioni al contorno
	1	2	3
Spessore [m]	0.12	0.02	0.12
	4	5	6
	0.04	0.08	0.02
	7	8	0
	0.2	0	0

	Descrizione	Densità [kg/m³]	Conducibilità [W/mK]	Calore specifico [Jcal/kgK]	Fattore resistenza vapore
1	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2000	1.162	0.21	70
2	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2200	1.484	0.21	100
3	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2400	1.909	0.21	150
4	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2000	1.313	0.21	70
5	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2200	1.677	0.21	100
6	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2400	2.158	0.21	150
7	CLS di argilla espansa per pareti interne o esterne protette	500	0.168	0.22	30

Utilizzo dell'archivio dei materiali inclusi nel database di IRIS

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmissione [W/m²K]
Parete 1	0,40	0,208
Parete 2	0,28	0,677

Inserisci materiale

Tipo di materiale: [ISO - Isolanti]

Descrizione: [Pannello isolante XY]

Conducibilità: [0,036] W/m K

Fattore di resistenza al vapore: [30]

Inserimento/modifica dati

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

Tipo di materiale	Descrizione	Densità [kg/m³]	Conducibilità [W/mK]	Calore specifico [kcal/kgK]	Fattore resistenza vapore
1	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2000	1,162	0,21	70
2	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2200	1,484	0,21	100
3	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2400	1,923	0,21	150
4	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2000	1,313	0,21	70
5	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2200	1,677	0,21	100
6	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2400	2,158	0,21	150
7	CLS di argilla espansa per pareti interne o esterne protette	500	0,168	0,22	30
8	CLS di argilla espansa per pareti interne o esterne protette	600	0,192	0,22	40

Creazione di un materiale utente dal form "Inserisci materiale"

- Prima di lanciare il calcolo è bene verificare le condizioni al contorno. Nel nostro caso l'edificio è stato simulato selezionando i dati climatici esterni di Alessandria e le condizioni interne tipiche di un ambiente residenziale (classe di concentrazione di vapore 3). Il mese critico individuato dal software è dicembre.

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmissione [W/m²K]
Parete 1	0,40	0,208
Parete 2	0,28	0,677

Inserisci materiale

Tipo di materiale: [ISO - Isolanti]

Descrizione: [Pannello isolante XY]

Conducibilità: [0,036] W/m K

Fattore di resistenza al vapore: [30]

Inserimento/modifica dati

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

Condizioni esterne

Valori da dati climatici: [Dicembre]

Temperatura: [1,1] °C

Umidità relativa: [96,8] %

Condizioni interne

Temperatura: [20,0] °C

Umidità relativa: [50,4] %

Resistenze superficiali

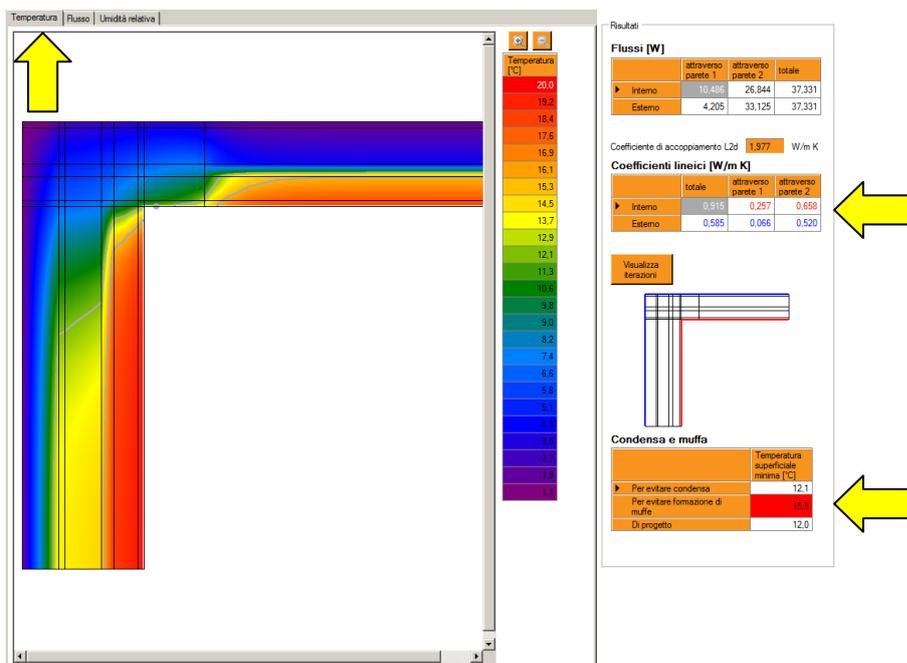
Esterna: [0,04] m²K/W

Interna:

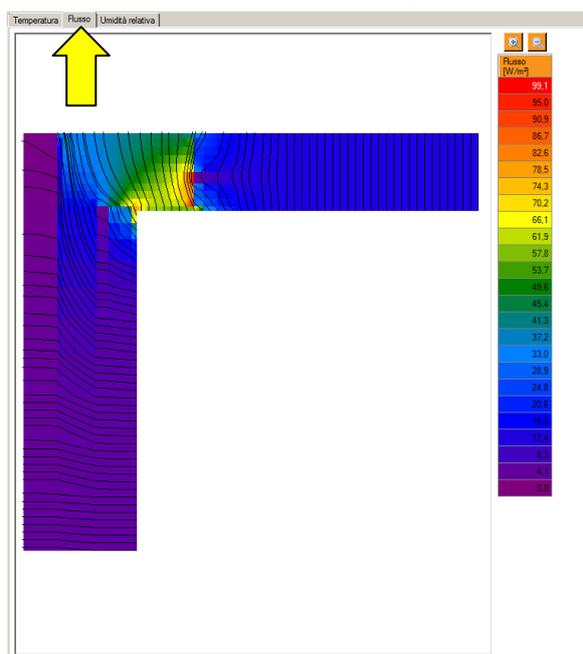
- flusso orizzontale: [0,13] m²K/W
- flusso ascendente: [0,1] m²K/W
- flusso discendente: [0,17] m²K/W

8. Lanciata la simulazione, il software presenta a sinistra la distribuzione delle temperature nel nodo e a destra i risultati di calcolo energetici e igrotermici. Il segnale in rosso sulla casella della temperatura superficiale minima indica che il ponte termico non soddisfa il requisito di assenza del rischio di formazione di muffa.

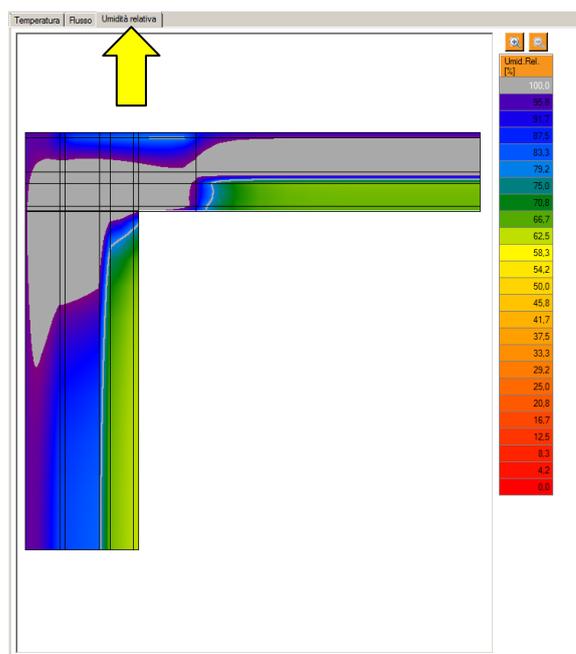
Dai grafici “Flusso” e “Umidità relativa” si può analizzare la distribuzione dei parametri lungo tutta la geometria del nodo.



Visualizzazione della distribuzione del flusso

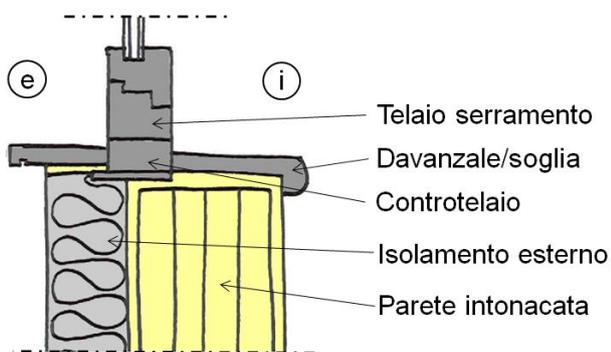


Distribuzione della distribuzione dell'umidità relativa

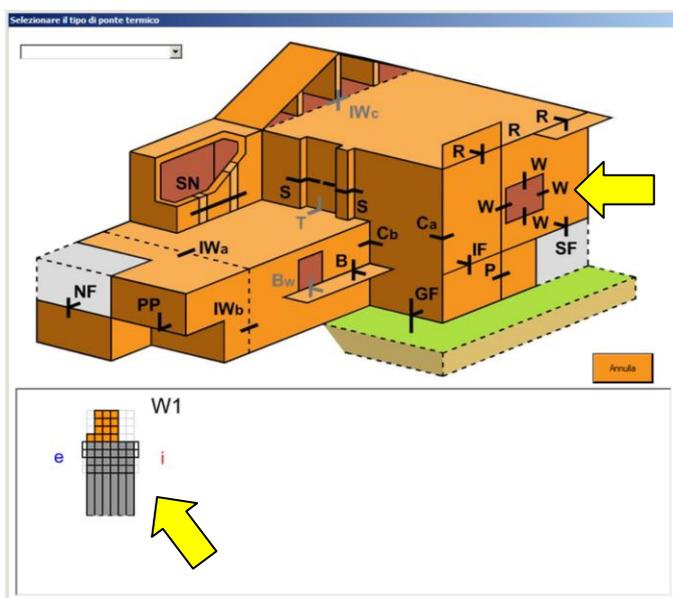


Esempio 2: nodo serramento, sezione verticale

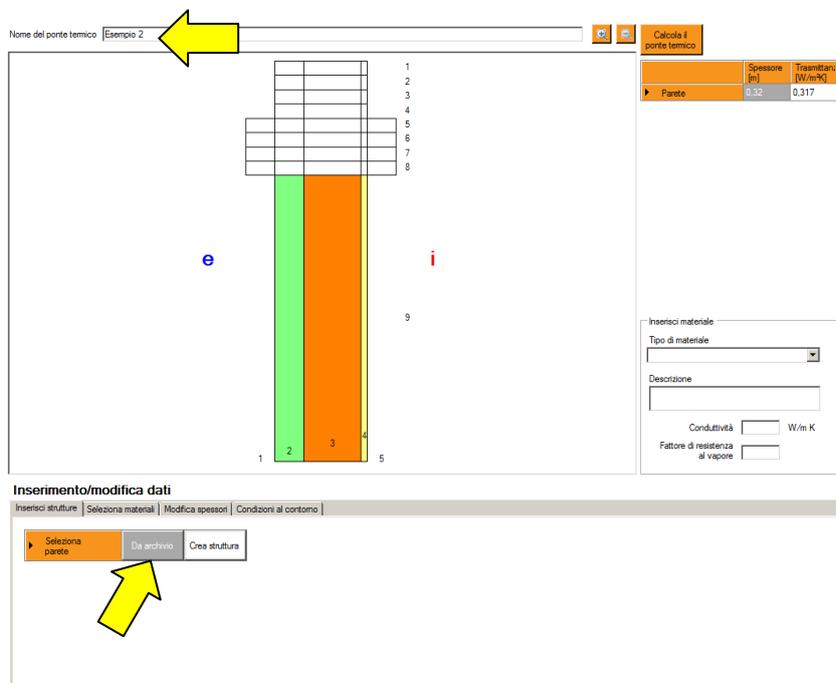
Il ponte termico rappresenta la sezione verticale tra parete perimetrale e serramento. Nel nodo sono visualizzati gli strati della parete in muratura, l'isolamento esterno e i vari componenti che dividono il serramento dalla parete ovvero soglie, controtelaio e telaio stesso.



1. Dallo schema dei ponti termici si seleziona la categoria W1.

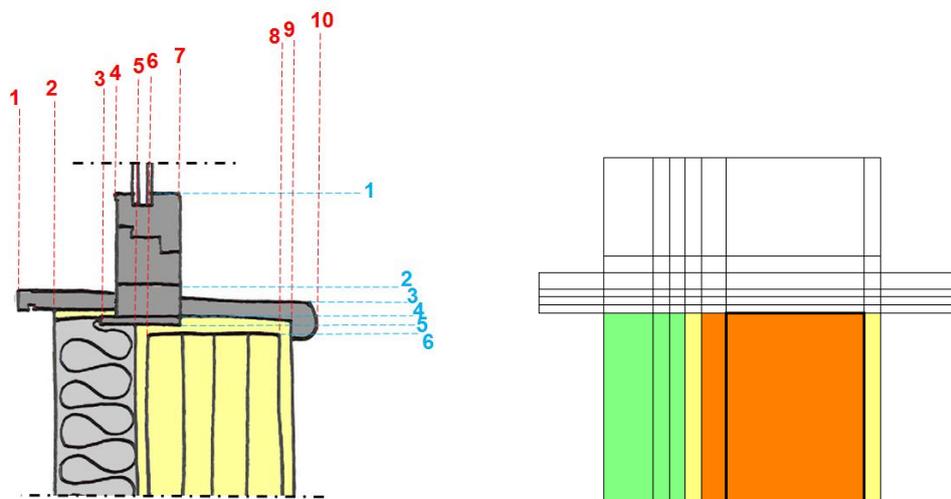


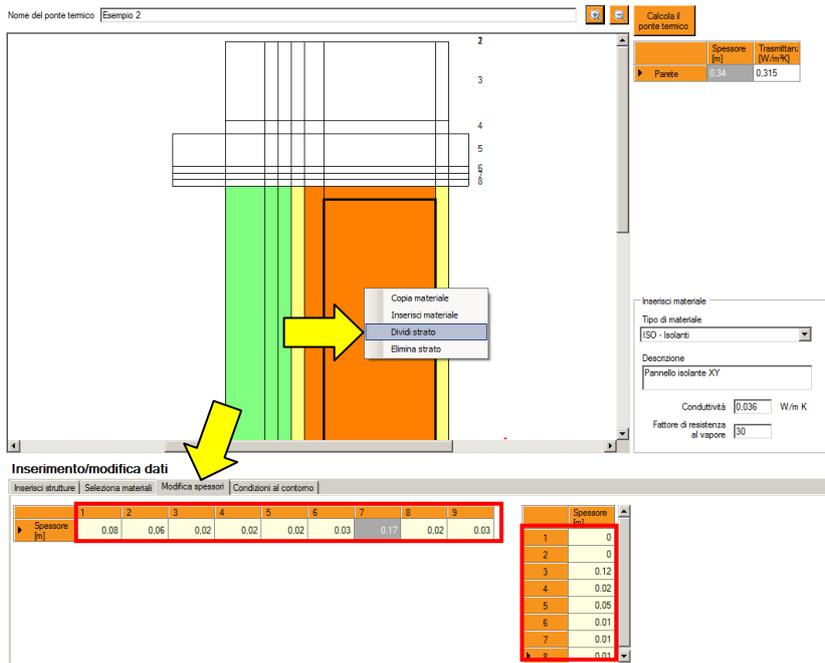
2. Dalla schermata di analisi del ponte termico si corregge il nome del nodo in "Esempio 2" e si richiama la stratigrafia della parete perimetrale dalla voce "Seleziona parete". Anche in questo caso si suppone che la stratigrafia sia già stata creata col software PAN e poi richiamata "Da archivio".



3. Per la creazione del nostro nodo sono necessari 10 piani di taglio verticali e 6 piani orizzontali come mostrato di seguito. Il che significa che è necessario predisporre lo schema di IRIS in modo congruente attraverso i comandi:

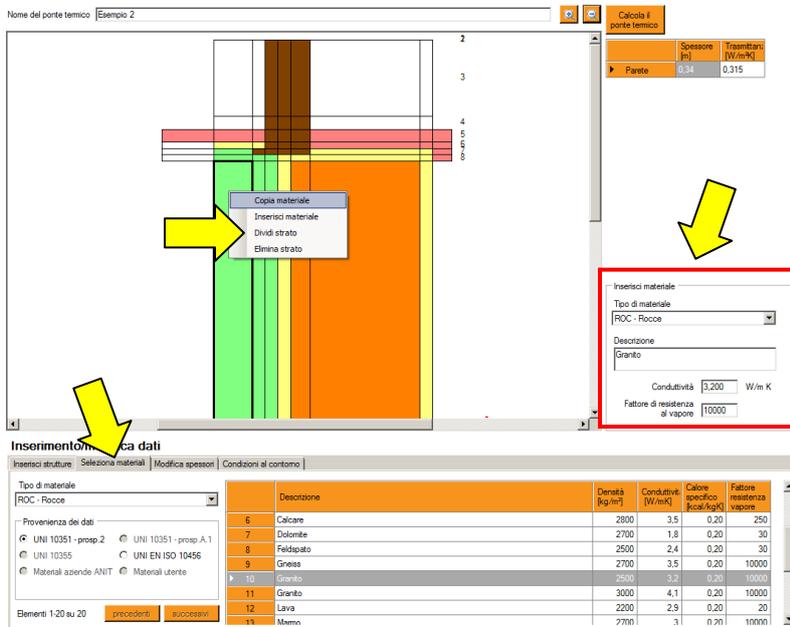
- Dividi strato (tasto destro del mouse): per incrementare la complessità sull'asse verticale
- Modifica spessori: per correggere la configurazione geometrica ed eventualmente ridurre a 0 gli strati in eccesso.



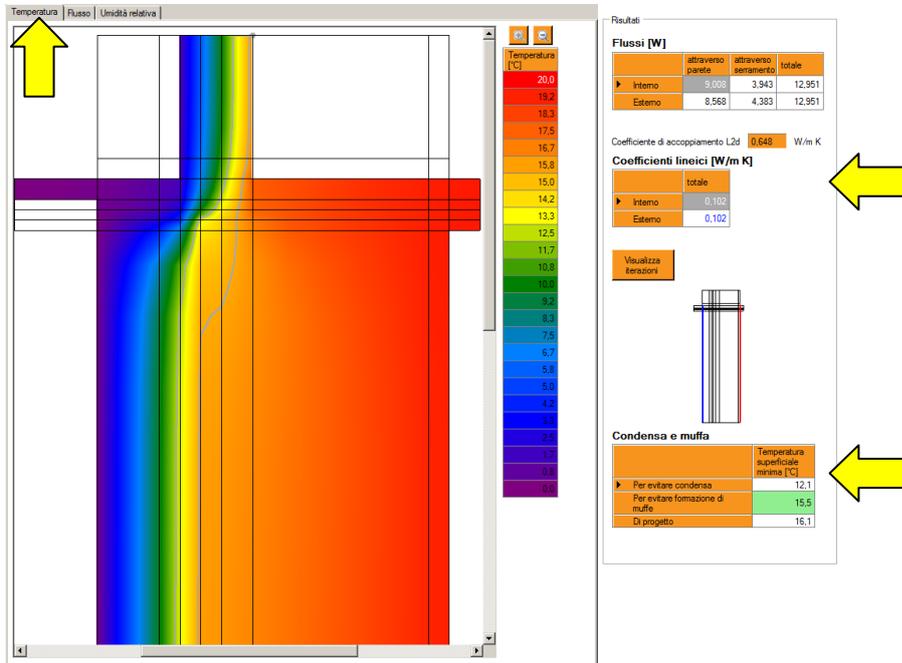


4. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali in uno dei modi illustrati nell'esempio 1:

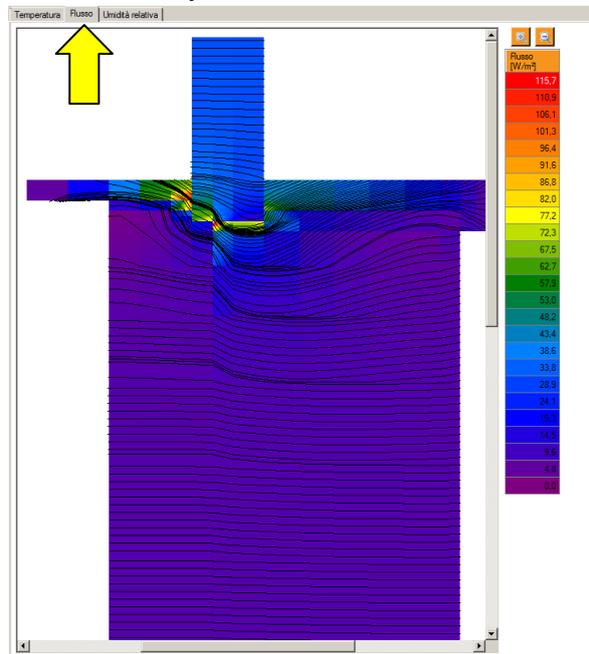
- Copia e inserisci
- Seleziona materiali
- Materiale utente



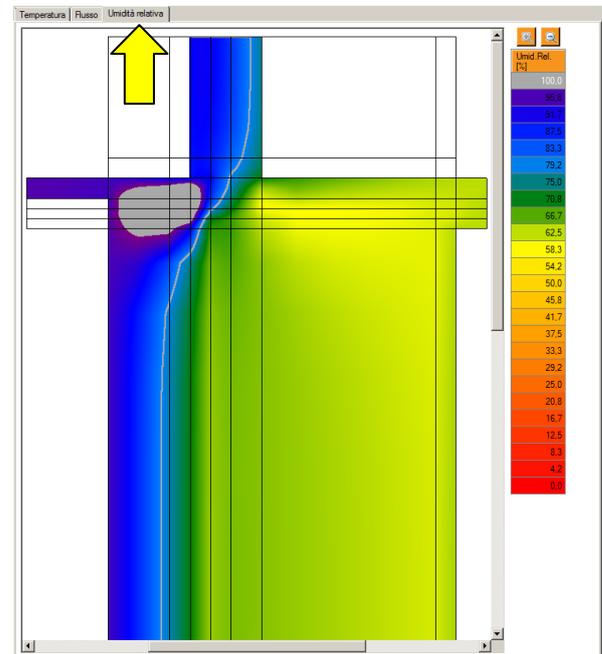
5. Lanciata la simulazione, IRIS mostra la distribuzione geometrica della temperatura, del flusso termico e dell'umidità relativa. I dati di calcolo sono mostrati sul lato destro della schermata.



Distribuzione del flusso termico

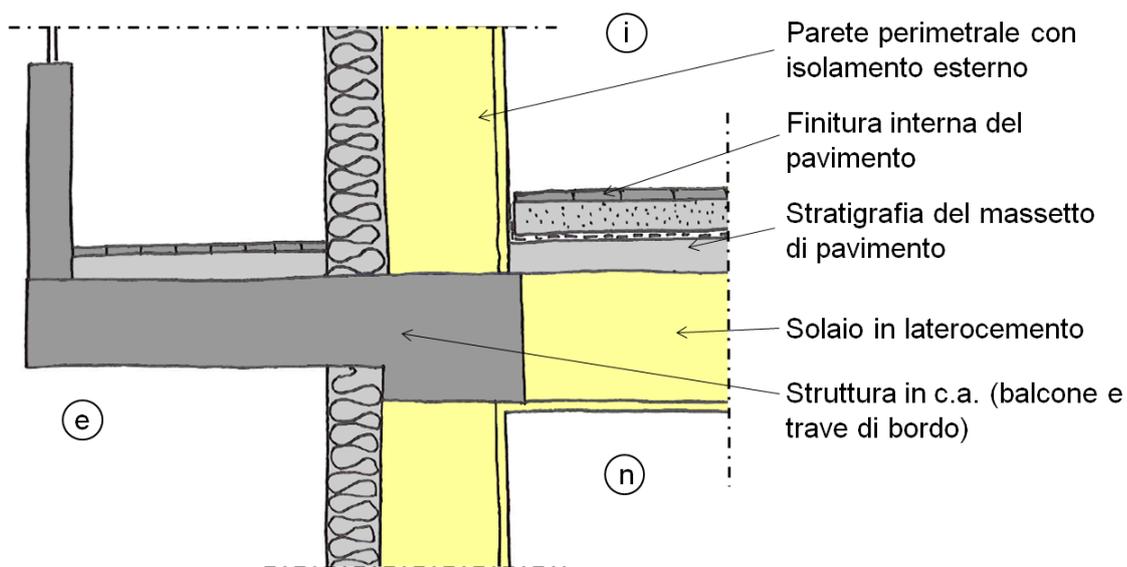


Distribuzione dell'umidità relativa

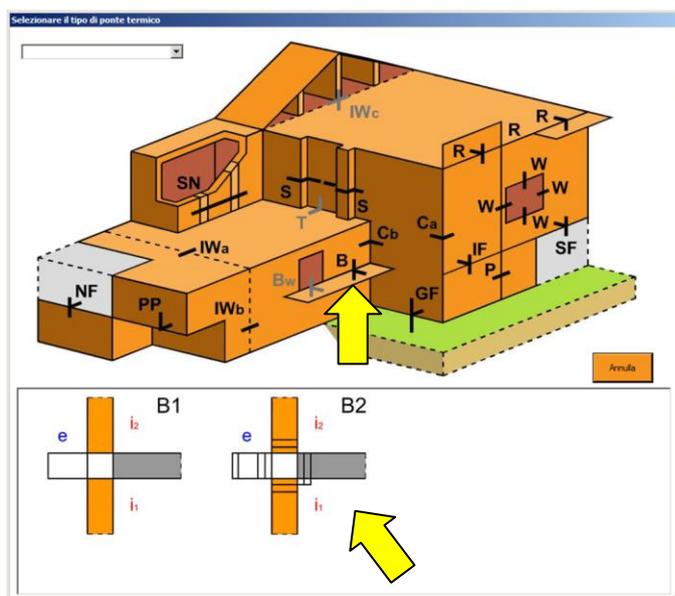


Esempio 3: nodo balcone

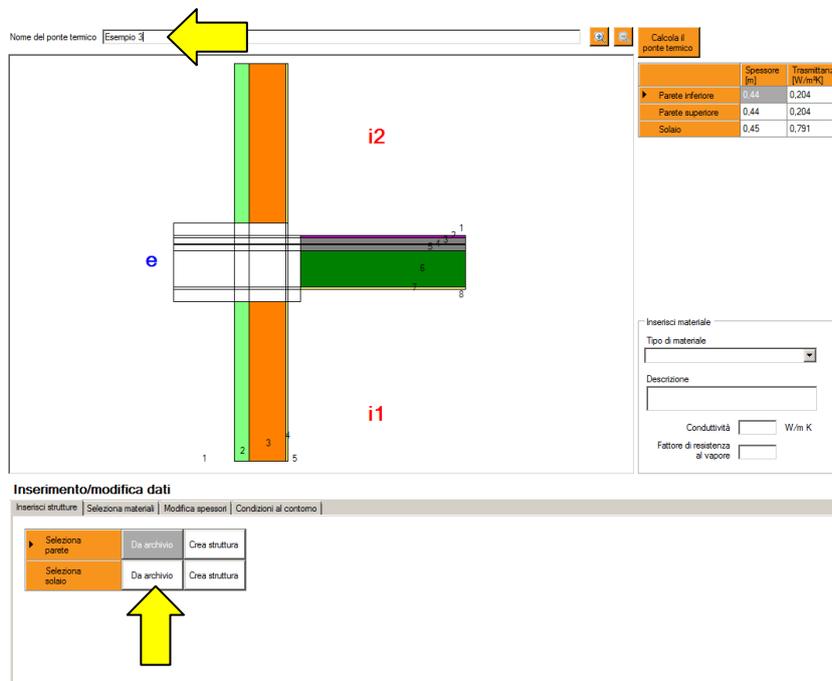
Il nodo rappresenta il ponte termico del balcone in calcestruzzo collegato alla trave di bordo. Nel disegno sono visualizzati gli strati e le geometrie della parete perimetrale e del solaio interno. Gli ambienti al contorno sono: (e) l'ambiente esterno, (i) l'ambiente interno riscaldato e (n) l'ambiente interno non riscaldato.



1. Dallo schema si seleziona il nodo B2. La geometria del balcone è semplificata: nella rappresentazione non si tiene conto del muretto esterno.

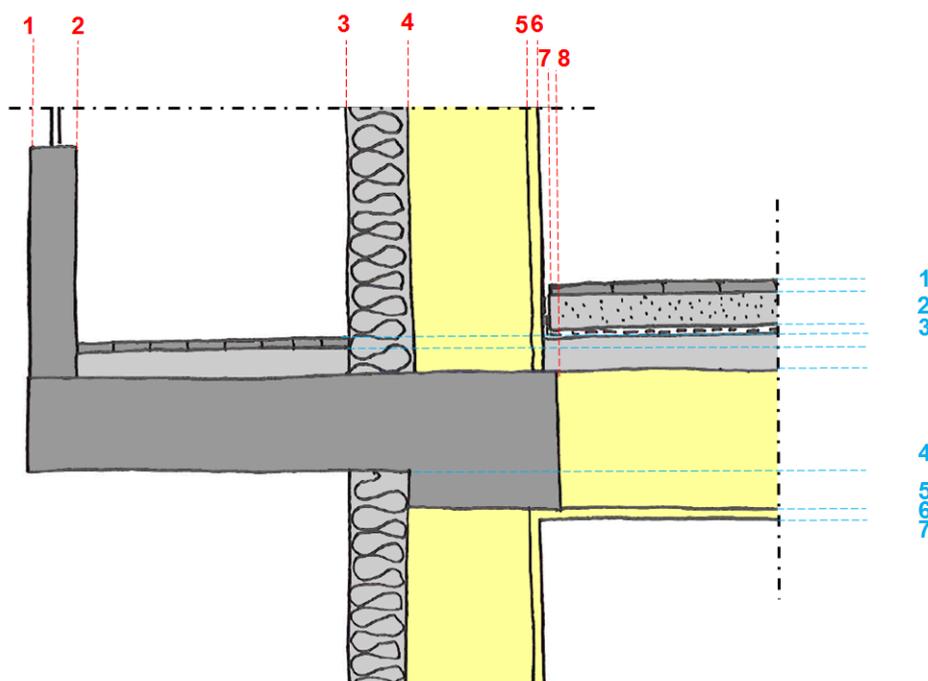


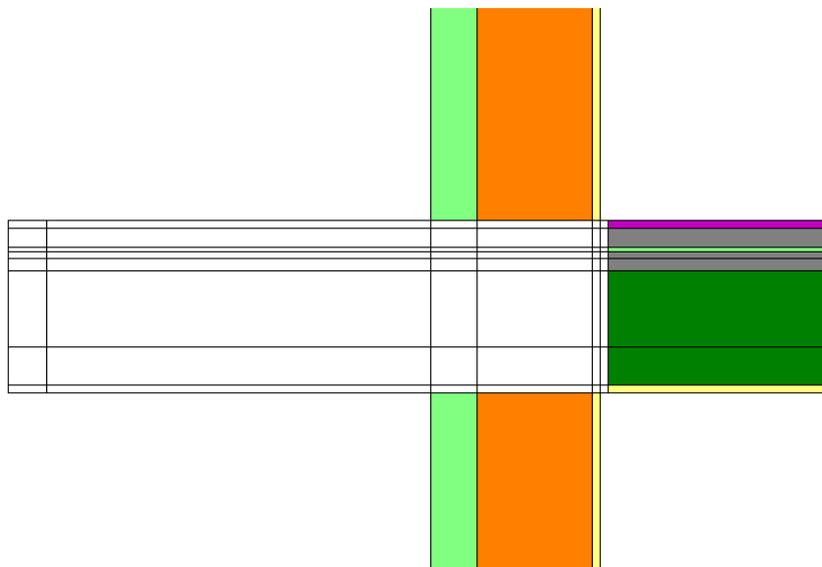
Dall'elenco dei ponti termici si clicca sul tasto "Analizza" per accedere alla pagina di creazione del ponte termico. Da qui si inserisce il nome "Esempio 3" e si richiamano le stratigrafie della parete perimetrale e del solaio interno ipotizzando di averle già elaborate e salvate con PAN.



2. Il ponte termico in oggetto può essere descritto attraverso 8 piani di taglio verticali e 7 orizzontali come mostrato di seguito. Questa configurazione può essere ottenuta governando spessori e strati attraverso:

- il comando "dividi strato" cliccando sul disegno col tasto destro del mouse
- le tabelle della sezione "modifica spessori"





Ricostruzione della configurazione geometrica con IRIS. Alcuni strati sono stati disattivati, altri sdoppiati per incrementare la complessità lungo l'asse orizzontale

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture | Selezione materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Spessore [m]	1	2	3	4	5	6
	0.1	1	0.12	0.3	0.02	0.01

Spessore [m]
2
3
4
5
6
7
8
9

3. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali attraverso i soliti 3 modi ("copia e inserisci", "selezione materiali" e "inserisci materiale"). Per descrivere l'abbassamento della linea di pavimento tra l'interno e il balcone, visto che non è possibile lanciare il calcolo lasciando in bianco il materiale, si inserisce un materiale fittizio altamente conduttivo (conduttività = 1000 W/mK) e con resistenza al vapore pari a quella dell'aria (fattore di resistenza al vapore = 1).

Nome del ponte termico: Esempio 3

Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m ² K]
Parete inferiore	0.44	0.204
Parete superiore	0.44	0.204
Solaio	0.45	0.791

Inserisci materiale

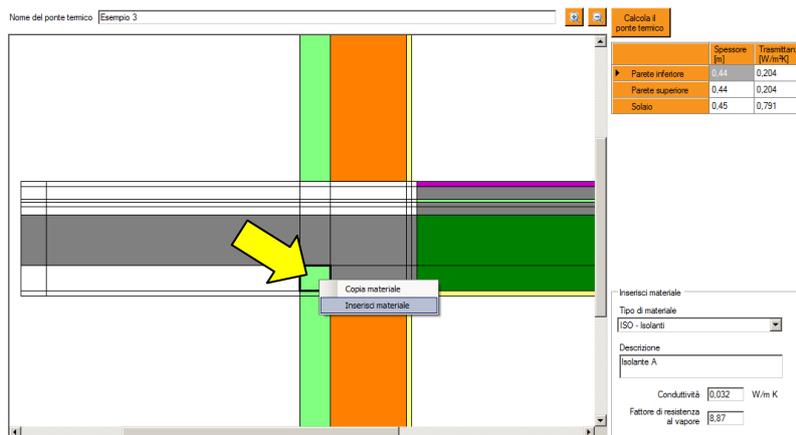
Tipo di materiale: CLS - Calcestruzzi

Descrizione: CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette

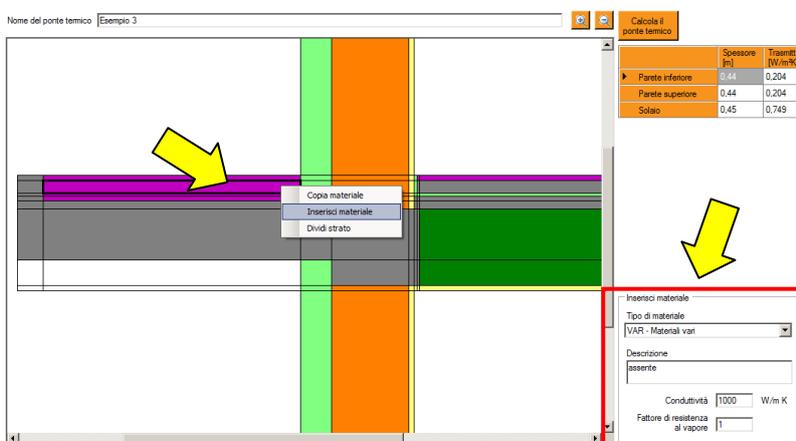
Conduttività: 1.909 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 150

Inserimento delle caratteristiche del materiale a partire dall'archivio di norma.

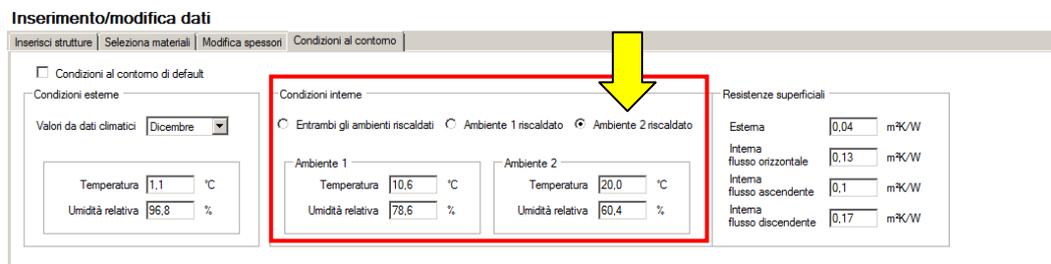


Inserimento delle caratteristiche dell'isolante esterno a partire da quello già presente nella stratigrafia attraverso i comandi "Copia materiale" e "Inserisci materiale".

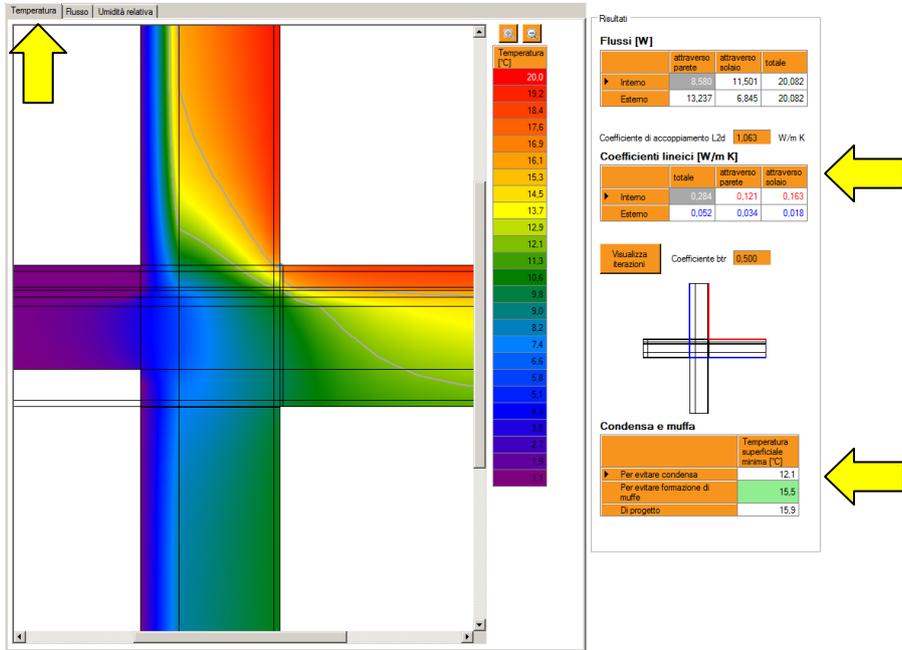


Creazione di un materiale fittizio per simulare l'assenza di dati in prossimità della pavimentazione del balcone.

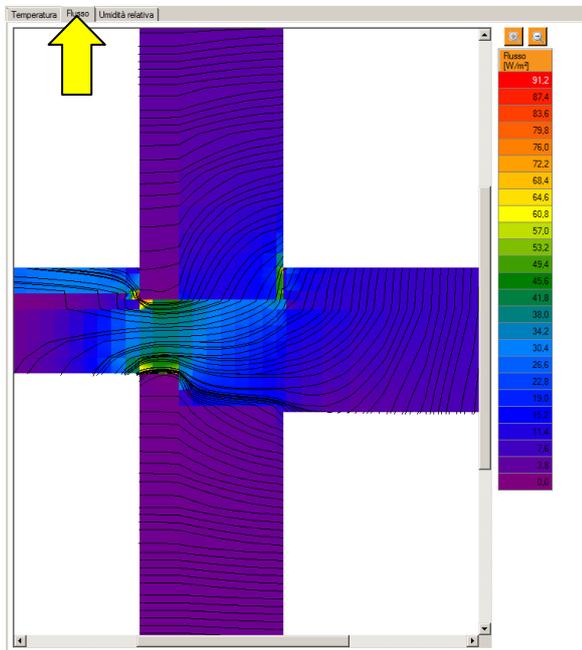
4. Una volta inserite le informazioni su geometria e materiali, si procede con le condizioni al contorno. Nel caso in esame si correggono le temperature in modo da far risultare l'ambiente 2 come zona riscaldata e l'ambiente 1 come zona non riscaldata.



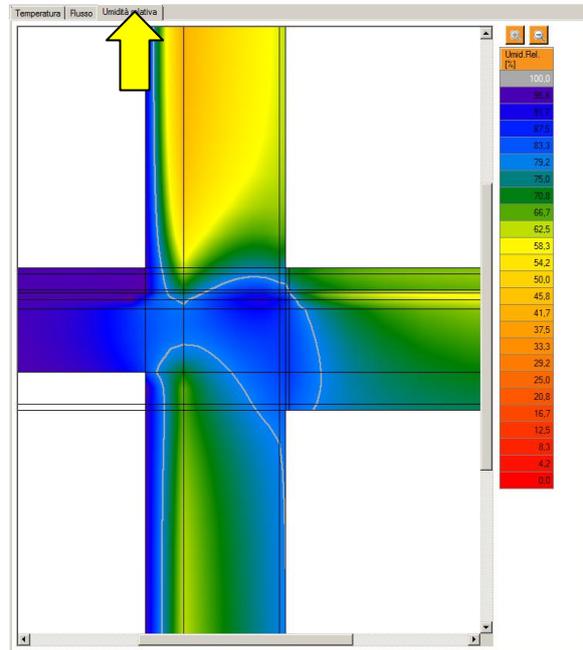
5. Dalla schermata dei risultati si può visualizzare la distribuzione della temperatura, del flusso termico e dell'umidità relativa e le tabelle di sintesi con i dati energetici e igrotermici della simulazione.



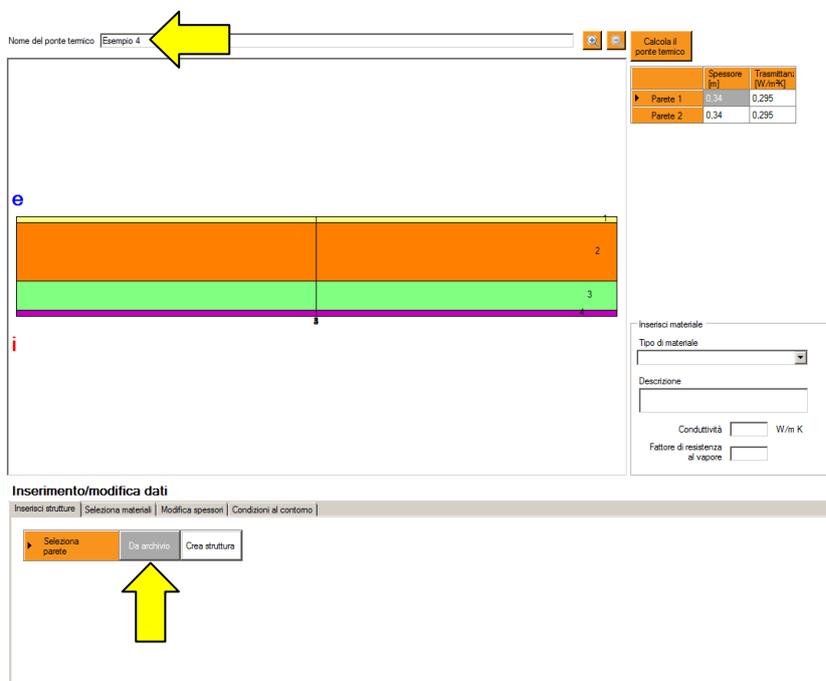
Distribuzione del flusso termico



Distribuzione dell'umidità relativa



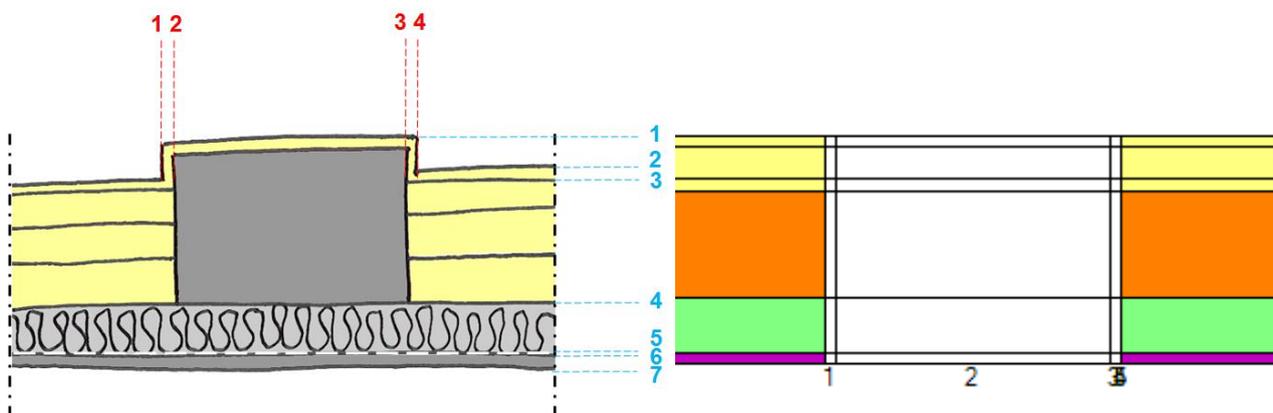
2. Dalla pagina iniziale si inserisce il nome “Esempio 4” e si richiama la stratigrafia della parete ipotizzando che sia stata già elaborata col software PAN. La parete prevede una struttura di tamponamento in laterizio alveolato da 20 cm intonacata sul lato esterno e una controparete interna con pannello isolante, barriera al vapore e lastra di finitura interna.

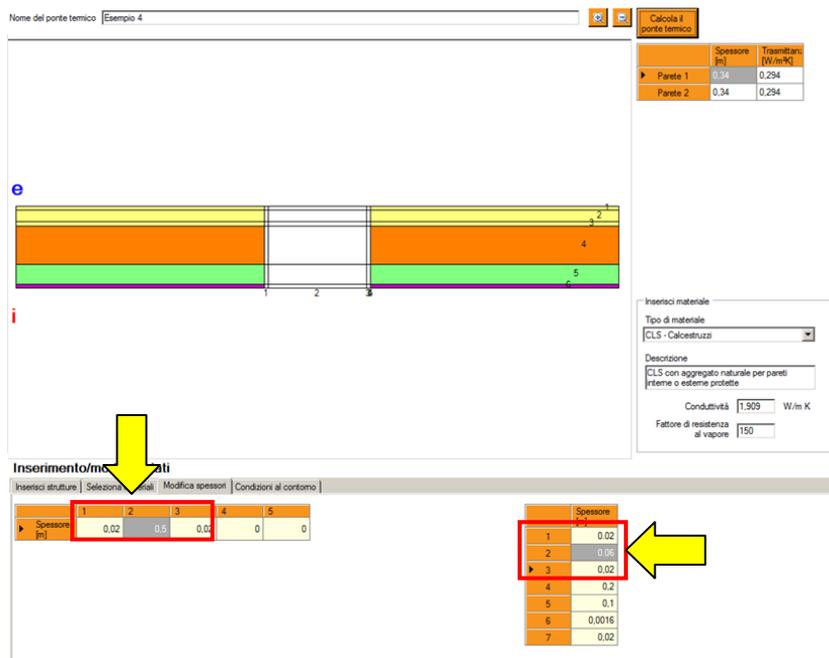


3. Dalla voce del menu “modifica spessori” si configura la geometria del nodo per ricostruire lo schema del pilastro fuori spessore con 4 piani di taglio verticali e 7 orizzontali.

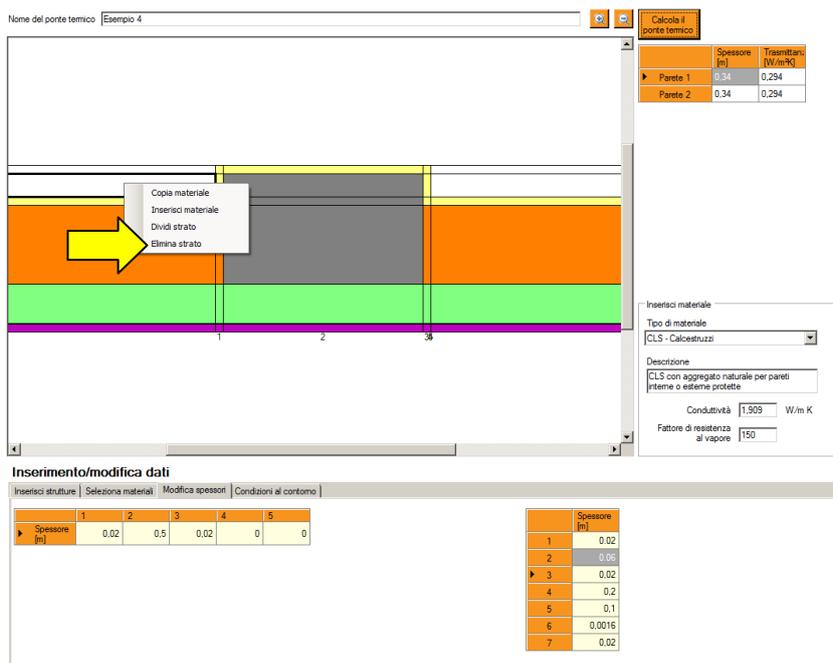
Per ottenere questa configurazione è necessario:

- attivare gli strati verticali 1, 2 e 3 inserendo gli spessori corrispondenti;
- suddividere lo strato più esterno (nel nostro caso l’intonaco) due volte e correggere gli spessori fino ad ottenere la configurazione mostrata nel disegno.

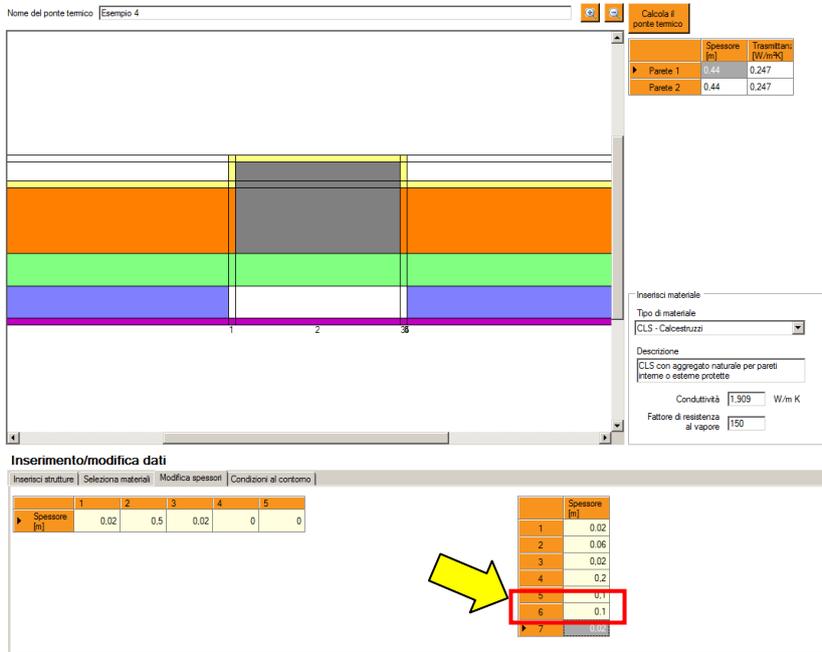




- Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali attraverso i soliti 3 modi ("copia e inserisci", "seleziona materiali" e "inserisci materiale").
- La peculiarità del nodo S è data dalla possibilità di eliminare alcuni elementi sul lato esterno (o interno) per descrivere il disallineamento geometrico del nodo. Il comando per attivare questa opzione è "Elimina strato" disponibile cliccando sull'elemento di interesse col tasto destro del mouse.



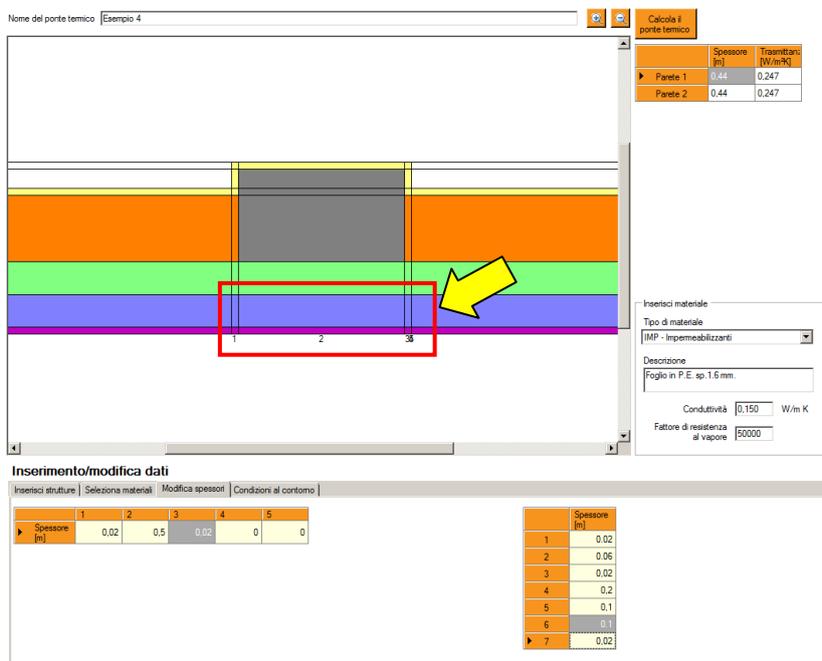
6. In presenza di una barriera al vapore, o in generale di uno strato millimetrico, si può superare la difficoltà di selezione degli strati modificando momentaneamente lo spessore della membrana. Di seguito un'illustrazione dei passaggi.



Spessore [m]	1	2	3	4	5
0.02	0.02	0.5	0.02	0	0

Spessore [m]	Spessore [m]
1	0.02
2	0.06
3	0.02
4	0.2
5	0.1
6	0.1
7	0.02

Modifica momentanea dello spessore della barriera al vapore per poter selezionare gli strati col mouse



Spessore [m]	1	2	3	4	5
0.02	0.02	0.5	0.02	0	0

Spessore [m]	Spessore [m]
1	0.02
2	0.06
3	0.02
4	0.2
5	0.1
6	0.1
7	0.02

Attribuzione delle caratteristiche della barriera al vapore attraverso i comandi "Copia materiale" e "Inserisci materiale".

Nome del ponte termico [Esempio 4] Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m ² K]
▶ Parete 1	0.34	0.234
Parete 2	0.34	0.234

Inserisci materiale
 Tipo di materiale: [IMP - Impermeabilizzanti]
 Descrizione: Foglio in P.E. sp. 1.6 mm.
 Conduttività: [0.150] W/m K
 Fattore di resistenza al vapore: [50000]

Inserimento/modifica dati

	1	2	3	4	5
▶ Spessore [m]	0.02	0.5	0.02	0	0

	Spessore [m]
1	0.02
2	0.06
3	0.02
4	0.2
5	0.1
▶ 6	0.0016
7	0.02

Ripristino dello spessore originario della barriera al vapore pari a 0.0016 m.

7. Una volta descritto il nodo sotto tutti i punti di vista (geometria e materiali) e controllate le condizioni al contorno, si può lanciare il calcolo e analizzare i risultati della simulazione.

Temperatura | Flusso | Umidità relativa

Risultati

Flussi [W]

	attraverso parete 1	attraverso parete 2	totale
▶ Interno	9.312	8.106	17.418
Esterno	8.709	8.709	17.418

Coefficiente di accoppiamento L2d: 0.922 W/m K

Coefficienti lineici [W/m K]

	totale	attraverso parete 1	attraverso parete 2
▶ Interno	0.020	0.010	0.009
Esterno	0.020	0.010	0.010

Visualizza iterazioni

Condensa e muffa

	Temperatura superficiale minima [°C]
▶ Per evitare condensa	12.1
Per evitare formazione di muffe	15.5
Di progetto	19.2

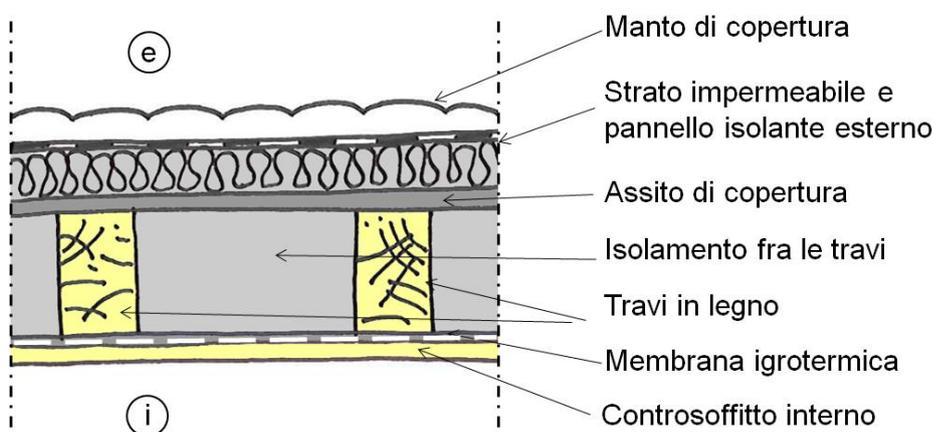
Esempio 5: copertura disomogenea

In presenza di uno schema costruttivo con elementi portanti ravvicinati e disposti a intervalli regolari si può far riferimento al concetto di struttura “disomogenea”.

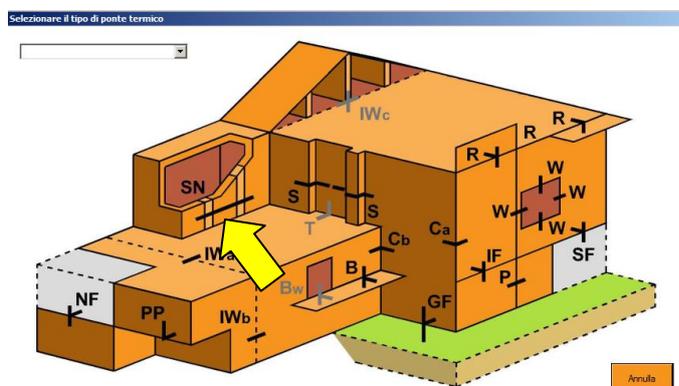
Su questo tema la norma UNI EN ISO 6946 propone un metodo semplificato per il calcolo della trasmittanza termica (basato su una doppia media pesata dei valori di trasmittanza delle singole sezioni) applicabile però ai soli casi in cui la disomogeneità non è rilevante.

In generale il modo migliore per analizzare una struttura disomogenea è attraverso un calcolo agli elementi finiti in accordo con UNI EN ISO 10211 per tener conto del comportamento reale del flusso termico attraverso gli strati e le geometrie descritte.

Il caso in esame riguarda una stratigrafia disomogenea di copertura con travi in legno e materiale isolante interposto.

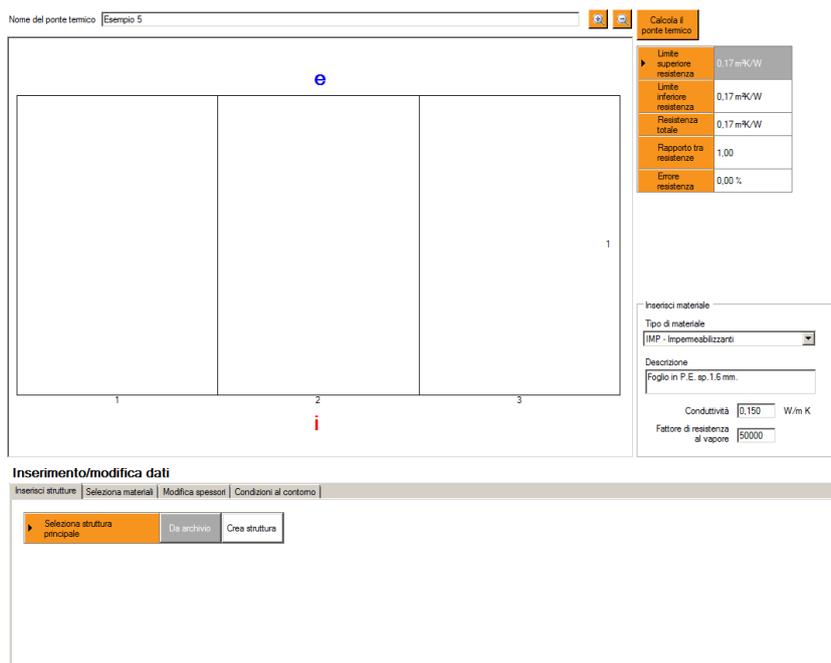
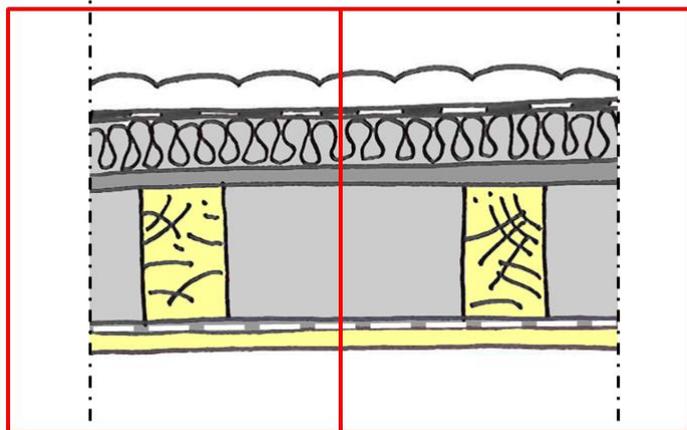


1. Dallo schema generale dei ponti termici si seleziona il nodo SN.



2. La configurazione del nodo parte dall'individuazione del modulo della struttura disomogenea, che nel nostro caso è rappresentato dalla trave di legno affiancata dagli elementi di tamponamento:

Moduli della struttura disomogenea che si ripetono



Schermata iniziale del nodo SN

3. La creazione del nodo parte dalla descrizione della stratigrafia di tamponamento e successivamente dall'inserimento dell'elemento di disomogeneità. Per il caso in esame si richiama la stratigrafia della copertura e poi si inserisce la trave in legno nel blocco centrale dello schema come mostrato di seguito.

Nome del ponte termico [Esempio 5] Calcola il ponte termico

Limite superiore resistenza	6,64 m ² /K/W
Limite inferiore resistenza	6,64 m ² /K/W
Resistenza totale	6,64 m ² /K/W
Rapporto tra resistenze	1,00
Errore resistenza	0,00 %

Inserisci materiale
 Tipo di materiale: [IMP - Impermeabilizzanti]
 Descrizione: [Foglio in P.E. sp 1.6 mm.]
 Conduttività: [0,150] W/m K
 Fattore di resistenza al vapore: [50000]

Inserimento/modifica dati
 Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Seleziona struttura principale | **Da archivio** | Crea struttura

La stratigrafia della copertura è richiamata "Da archivio" perché si suppone sia stata già elaborata col software PAN

Nome del ponte termico [Esempio 5] Calcola il ponte termico

Limite superiore resistenza	4,32 m ² /K/W
Limite inferiore resistenza	3,64 m ² /K/W
Resistenza totale	3,98 m ² /K/W
Rapporto tra resistenze	1,19
Errore resistenza	8,61 %

Inserisci materiale
 Tipo di materiale: [LEG - Legni]
 Descrizione: [Pino (flusso parallelo alle fibre)]
 Conduttività: [0,220] W/m K
 Fattore di resistenza al vapore: [20]

Inserimento/modifica dati
 Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Provenienza dei dati: [UNI 10351 - prosp. 2] [UNI 10351 - prosp. A.1] [UNI 10355] [UNI EN ISO 10456] [Materiali aziende ANIT] [Materiali utente]

Descrizione	Densità [kg/m ³]	Conduttività [W/mK]	Calore specifico [kcal/kgK]	Fattore resistenza vapore
1 Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	450	0,12	0,65	60
2 Abete (flusso parallelo alle fibre)	450	0,18	0,65	20
3 Pino (flusso perpendicolare alle fibre)	550	0,12	0,65	60
4 Pino (flusso parallelo alle fibre)	550	0,22	0,65	20
5 Acciaio (flusso perpendicolare alle fibre)	770	0,10	0,57	60
6 Acciaio (flusso parallelo alle fibre)	710	0,27	0,57	20
7 Quercia (flusso perpendicolare alle fibre)	850	0,22	0,57	60
8 Quercia (flusso parallelo alle fibre)	850	0,32	0,57	20

Il materiale della trave è inserito a partire dal database di IRIS

Per il nodo SN la descrizione degli spessori è finalizzata all'identificazione della geometria del modulo della struttura disomogenea. L'utente deve inserire il valore dello spessore dell'elemento centrale (nel nostro caso la trave) e la distanza a destra e a sinistra dello stesso fino al punto di simmetria col modulo contiguo.

Nel nostro caso si suppone che la trave sia larga 0.2 m e che lo spazio tra due travi sia pari a 1 m. Ne consegue che la distanza tra la trave e il punto di simmetria è pari a 0.5 m.

Limite superiore resistenza	5,23 m ² K/W
Limite inferiore resistenza	4,48 m ² K/W
Resistenza totale	4,86 m ² K/W
Rapporto tra resistenze	1,17
Errore resistenza	7,68 %

Spessore (m)	Spessore (m)
1	0,05
2	0,003
3	0,05
4	0,02
5	0,2
6	0,015

4. I risultati della simulazione mostrano i grafici della distribuzione di temperatura, flusso termico e umidità relativa come per gli altri nodi di IRIS.

La peculiarità del nodo SN riguarda il risultato del comportamento energetico: il software in questo caso elabora il valore della trasmittanza media del modulo al posto della trasmittanza lineica. Questa infatti è l'informazione che caratterizza il comportamento di una struttura disomogenea.

Flussi [W]	
totale	
Interno	4,547
Esterno	4,547

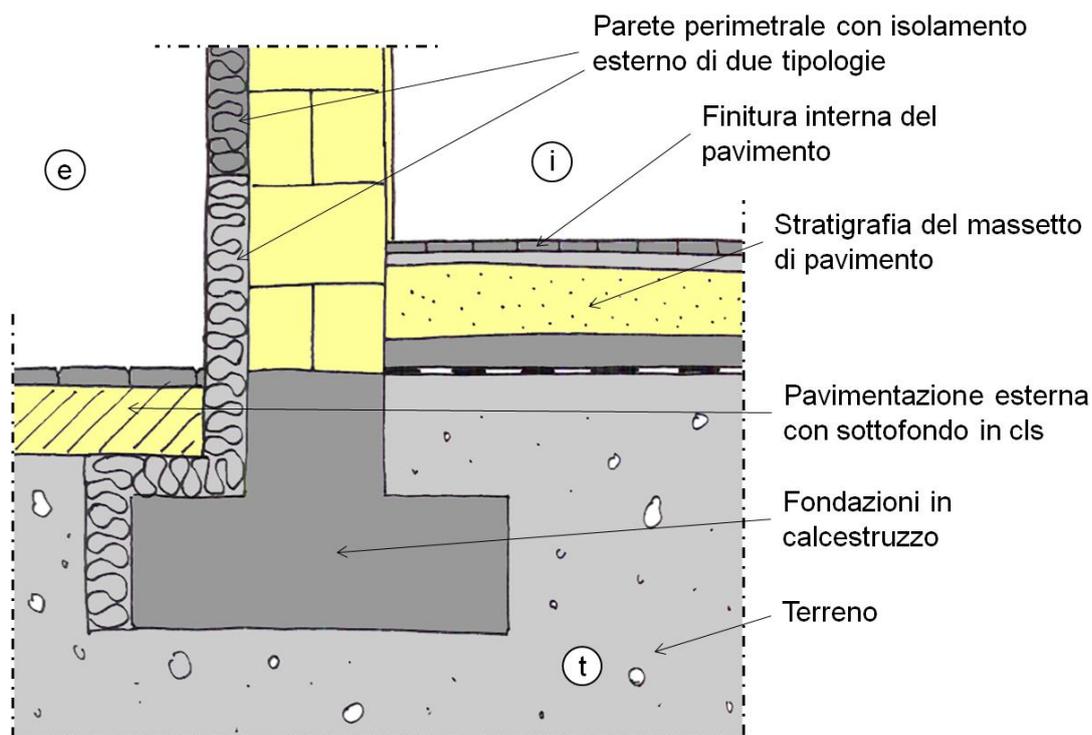
Coefficiente di accoppiamento L2d	0,241	W/m ² K
Trasmittanza media	0,20	W/m ² K
Resistenza media	4,86	m ² K/W

Condensa e muffa	
Per evitare condensa	Temperatura superficiale minima [°C] 12,1
Per evitare formazione di muffe	15,5
Di progetto	18,9

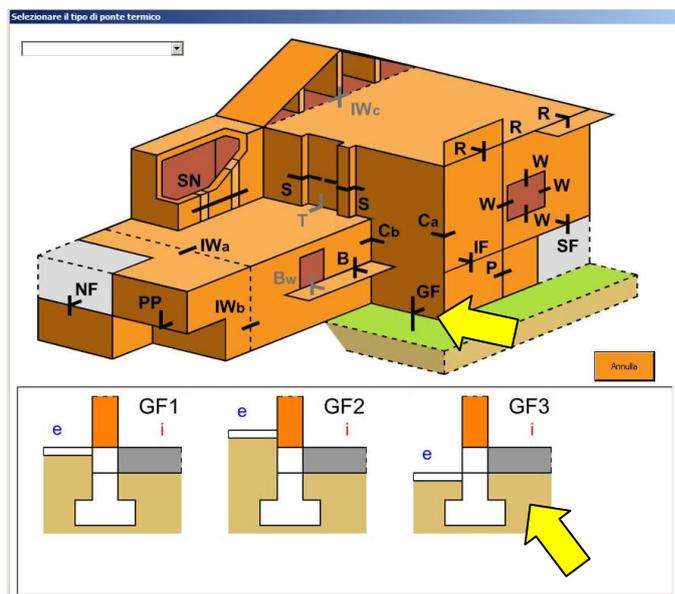
Per il nodo SN i risultati mostrano il valore della trasmittanza media

Esempio 6: nodo controterra

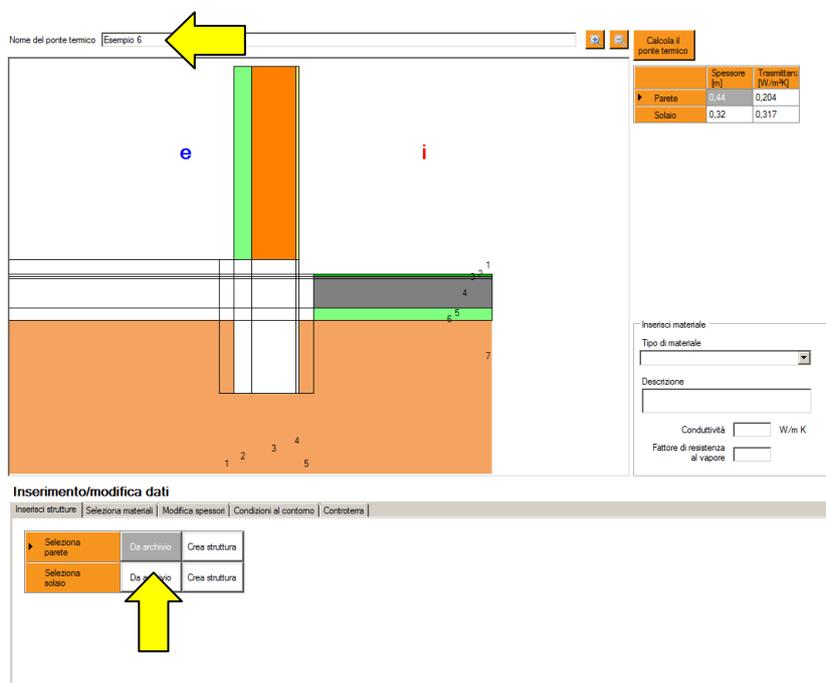
Il nodo rappresenta un tipico ponte termico controterra con solaio su terreno, parete perimetrale e fondamenta isolate. Il livello del terreno sul lato esterno è più basso del livello della pavimentazione interna.



1. Dallo schema si seleziona il nodo GF3 che rispecchia il disallineamento tra la pavimentazione interna ed esterna.



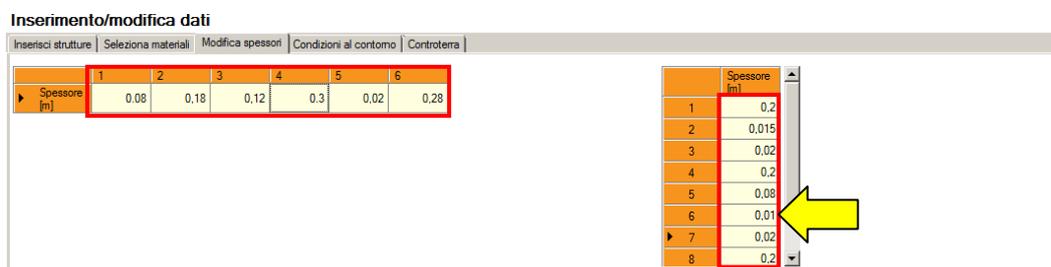
2. Dall’elenco dei ponti termici si clicca sul tasto “Analizza” per accedere alla pagina di creazione del ponte termico. Da qui si inserisce il nome “Esempio 6” e si richiamano le stratigrafie della parete perimetrale e del solaio controterra ipotizzando di averle già elaborate e salvate con PAN.

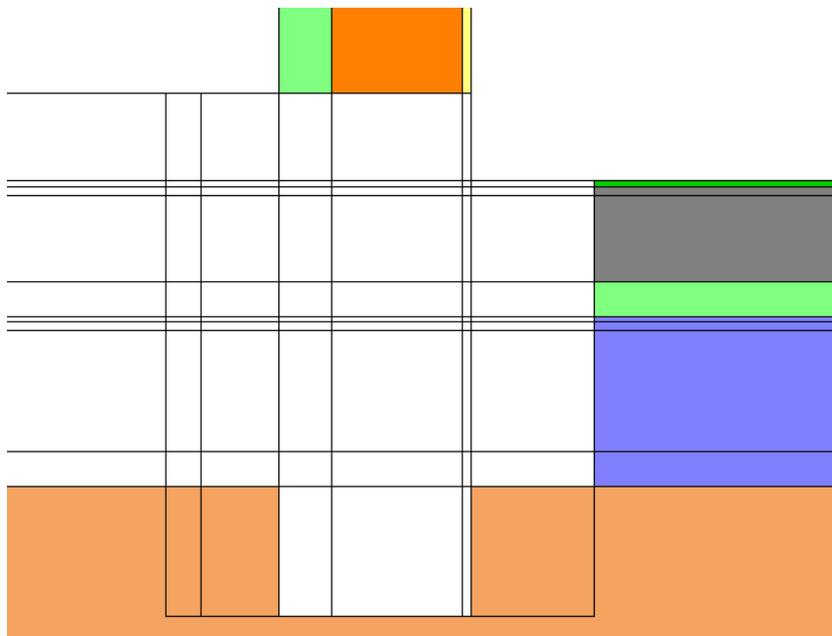
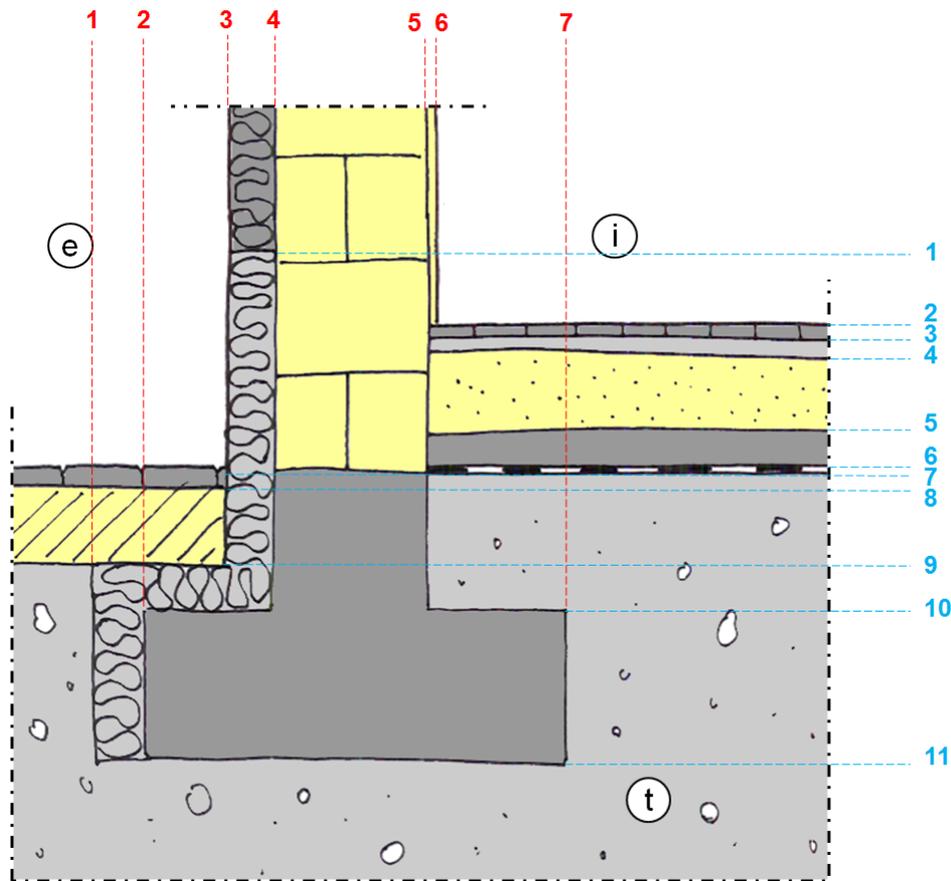


3. Il ponte termico in oggetto può essere descritto attraverso 7 piani di taglio verticali e 11 orizzontali come mostrato di seguito. Questa configurazione può essere ottenuta governando spessori e strati attraverso:

- il comando “dividi strato” cliccando sul disegno col tasto destro del mouse
- le tabelle della sezione “modifica spessori”

Per facilità di lettura del nodo, come mostrato anche nell’esempio 4, lo spessore dello strato impermeabile del solaio interno è stato momentaneamente portato a 0.01m.



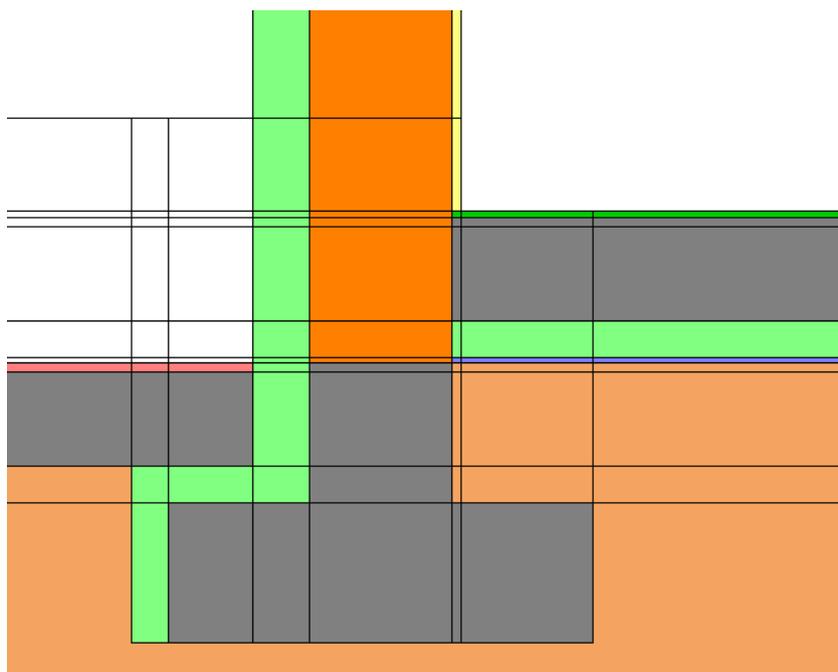


*Ricostruzione della
configurazione geometrica
con IRIS.*

4. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali attraverso i soliti 3 modi ("copia e inserisci", "seleziona materiali" e "inserisci materiale").

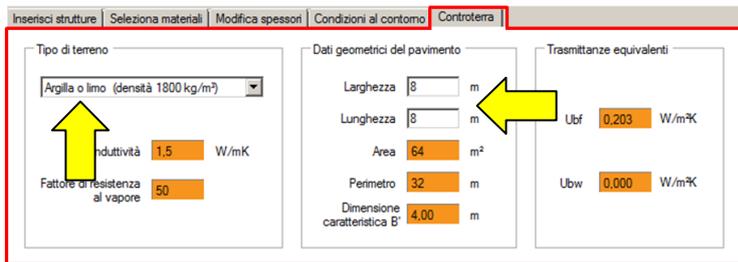
Le caratteristiche del terreno sono determinate dalla scheda "Controtterra". È importante selezionare la tipologia di terreno desiderata prima di copiare il materiale in altre parti dello schema.

A questo punto possiamo riportare lo spessore dello strato impermeabile al valore originario (pari a 0.0016 m) e concludere la descrizione del nodo con la compilazione dei dati geometri del pavimento necessari per l'analisi della dispersione in accordo con UNI EN ISO 13770.



Inserimento delle caratteristiche dei materiali e del terreno attraverso i comandi "copia-inserisci" oppure attraverso il database delle norme.

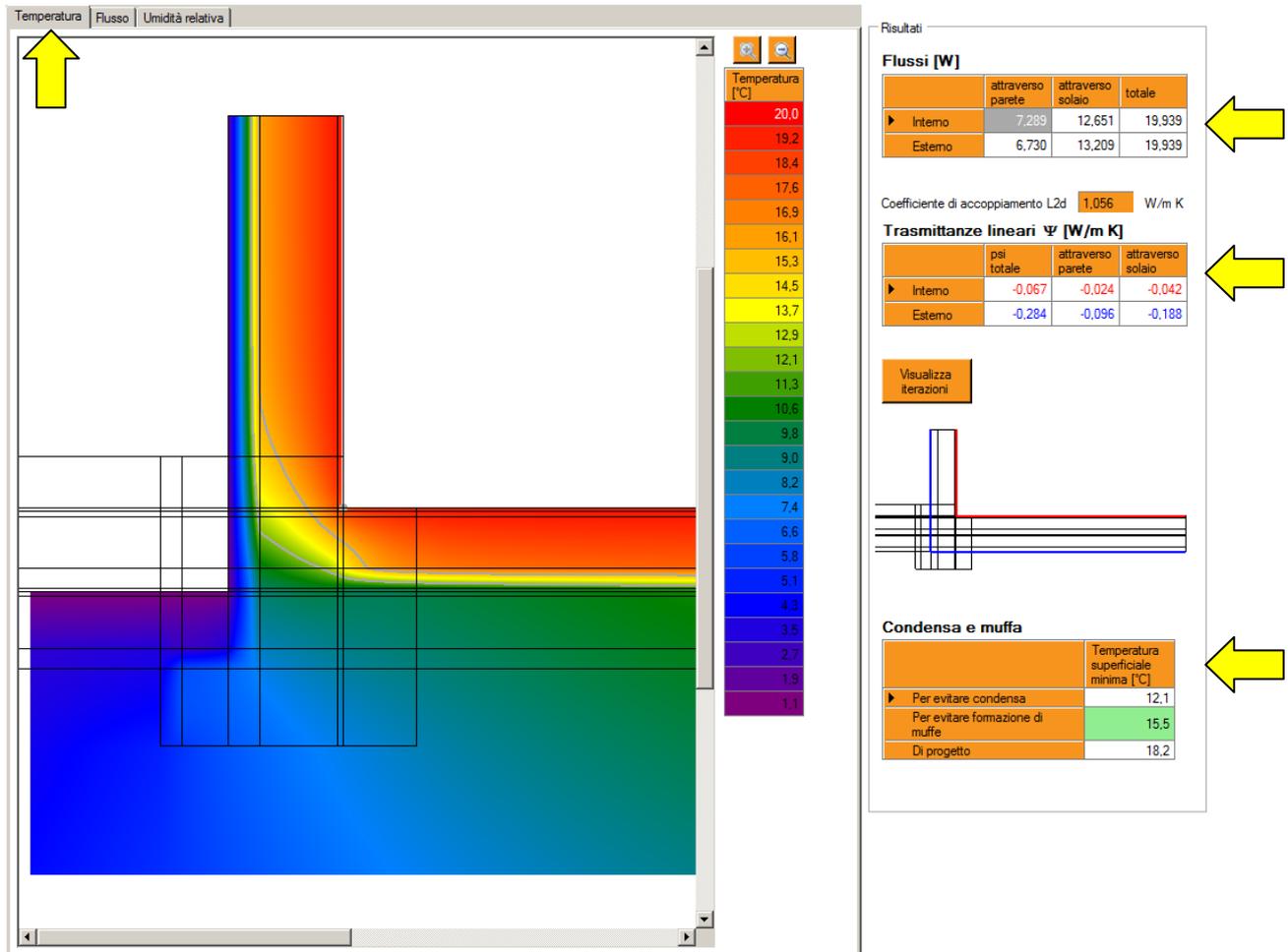
Inserimento/modifica dati



Tipo di terreno		Dati geometrici del pavimento		Trasmittanze equivalenti	
Argilla o limo (densità 1800 kg/m³)		Larghezza	8 m	U _{bf}	0,203 W/m²K
Conduttività	1,5 W/mK	Lunghezza	8 m	U _{bw}	0,000 W/m²K
Fattore di resistenza al vapore	50	Area	64 m²		
		Perimetro	32 m		
		Dimensione caratteristica B'	4,00 m		

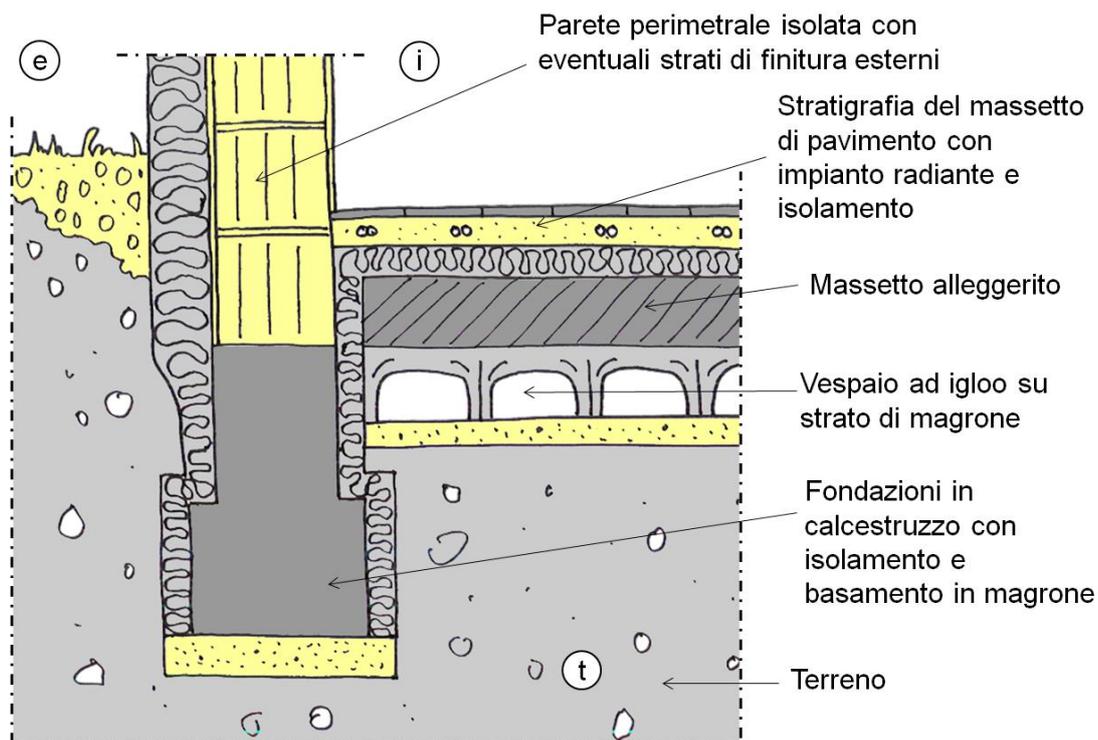
Per i nodi GF è necessario compilare anche la scheda "Controtterra" per definire le caratteristiche del terreno e le dimensioni del pavimento interessato dalla dispersione.

5. La schermata dei risultati riporta a sinistra gli schemi con la distribuzione della temperatura, del flusso e dell'umidità relativa e a destra i dati numerici calcolati, ovvero i valori dei flussi termici, le trasmittanze lineari (Ψ) e l'analisi del rischio di condensa superficiale e muffa sul lato interno del nodo. Per approfondire le modalità di calcolo del coefficiente Ψ per un nodo controterra si rimanda all'Appendice B.

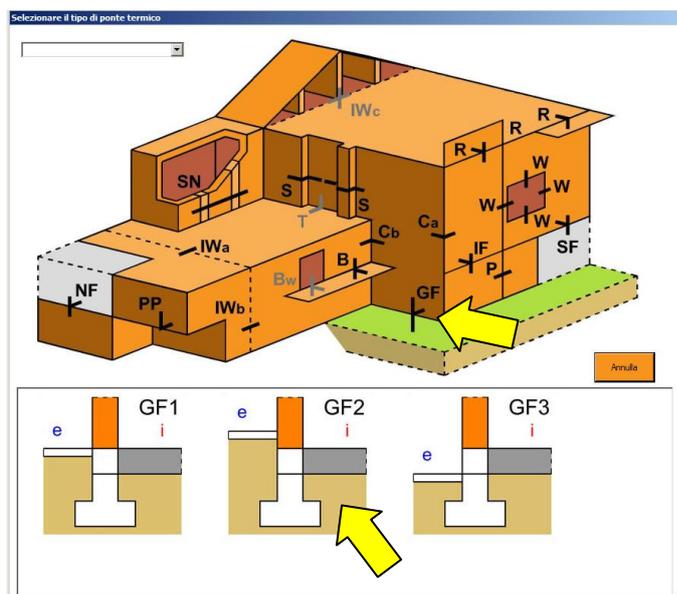


Esempio 7: nodo controterra con vespaio

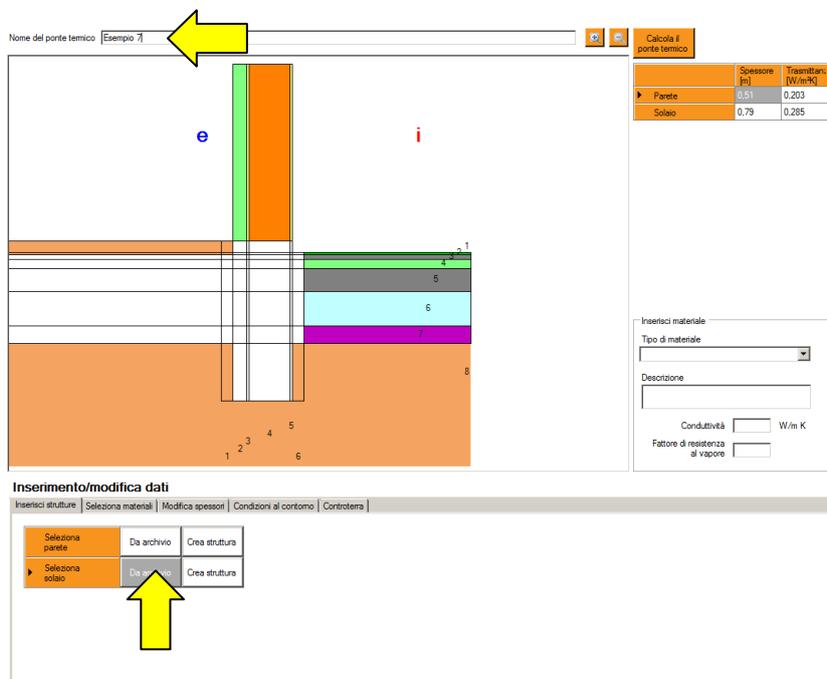
Il nodo sviluppato in questo esempio rappresenta il caso di un ponte termico tra un solaio poggiante su vespaio e una parete perimetrale isolata. Il livello del terreno sul lato esterno è più alto del livello della pavimentazione interna. Il vespaio è modellizzato come intercapedine d'aria non ventilata facente parte della stratigrafia del solaio su terreno.



1. Dallo schema si seleziona il nodo GF2.



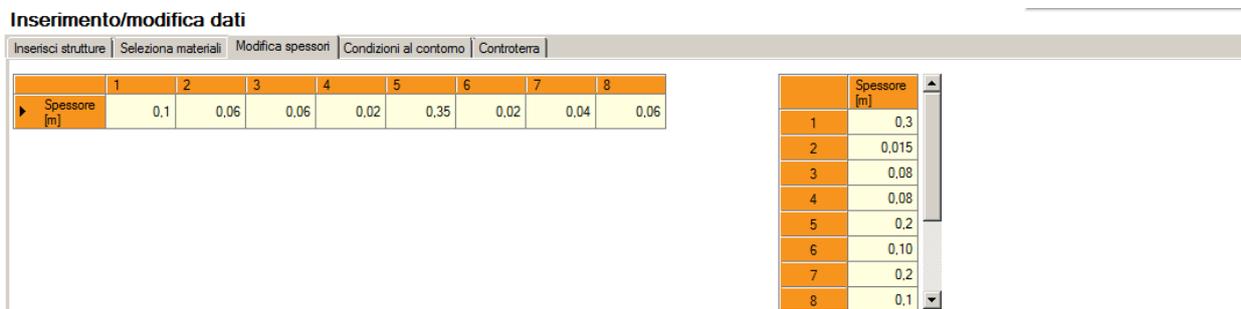
2. Dall’elenco dei ponti termici si clicca sul tasto “Analizza” per accedere alla pagina di creazione del ponte termico. Da qui si inserisce il nome “Esempio 7” e si richiamano le stratigrafie della parete perimetrale e del solaio controterra ipotizzando di averle già elaborate e salvate con PAN.

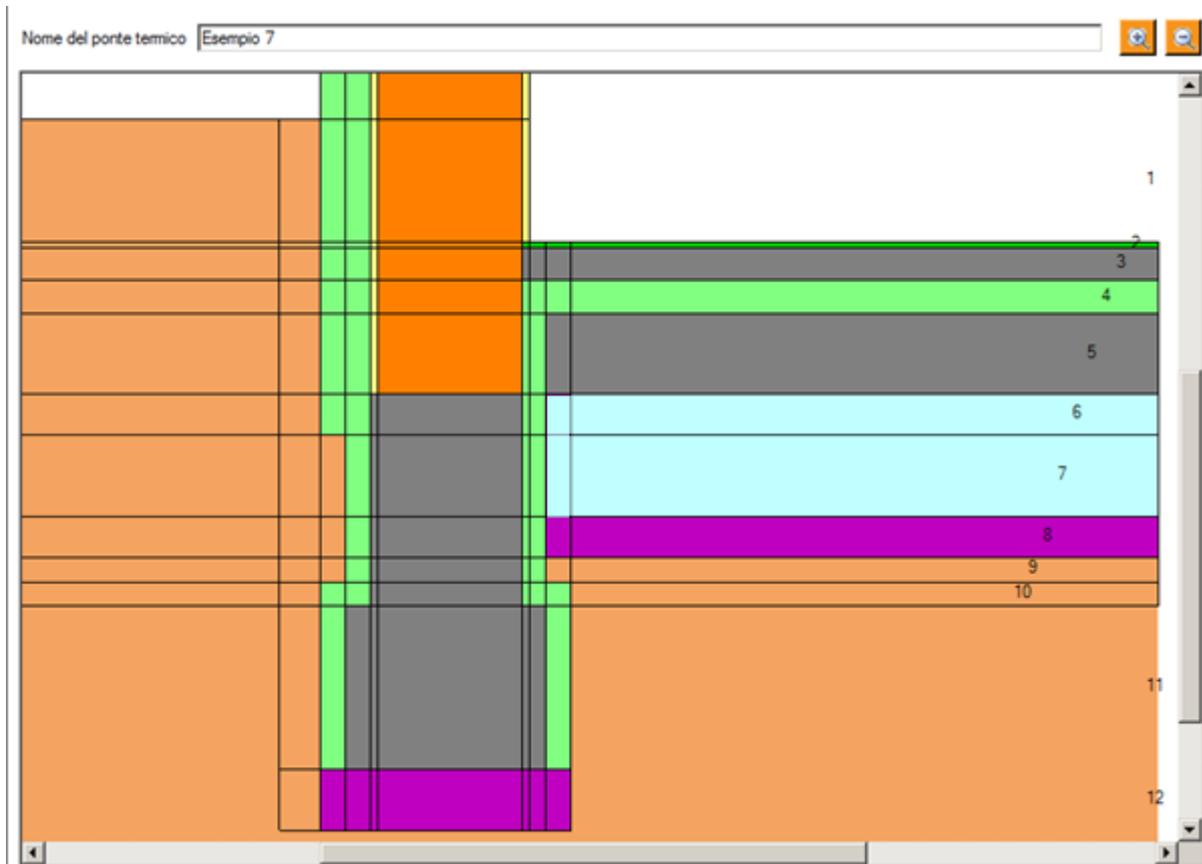
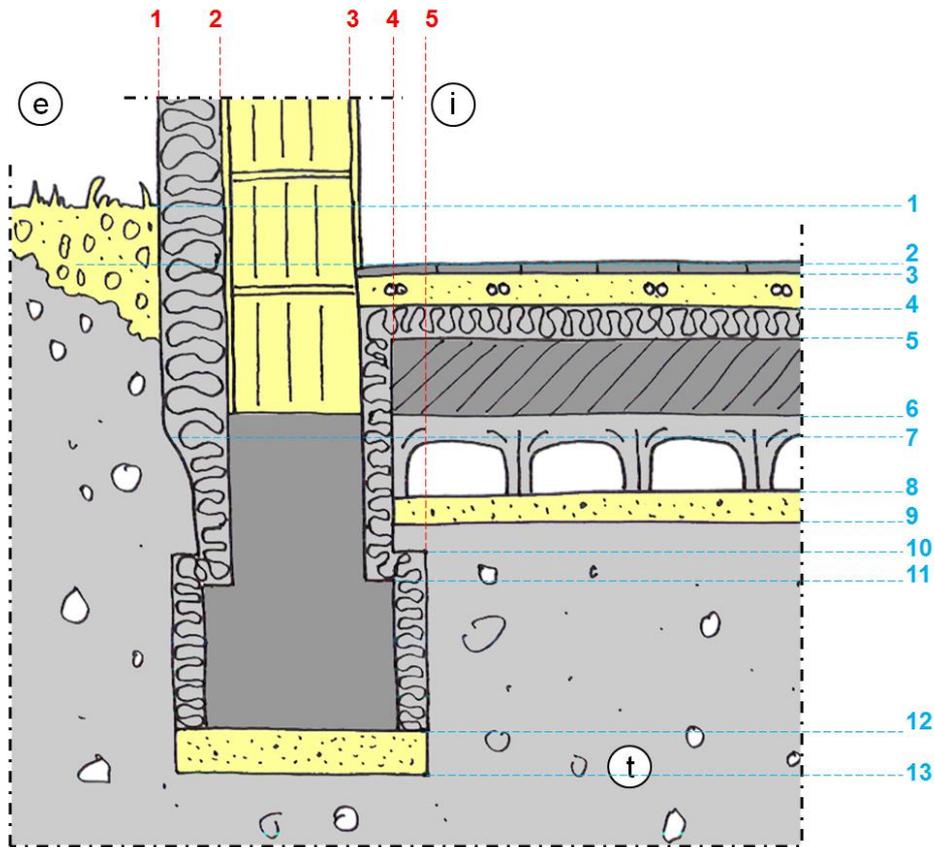


3. Il ponte termico in oggetto può essere descritto attraverso 5 piani di taglio verticali e 13 orizzontali come mostrato di seguito. Questa configurazione può essere ottenuta governando spessori e strati attraverso:

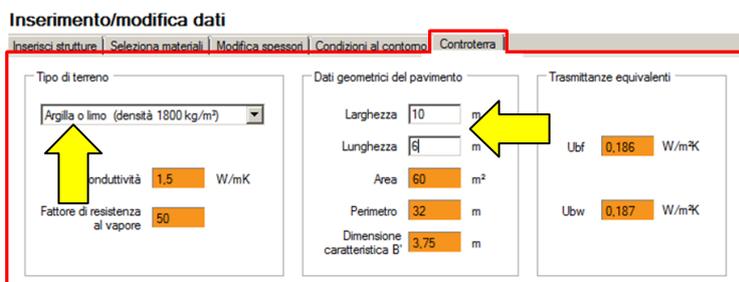
- il comando “dividi strato” cliccando sul disegno col tasto destro del mouse
- le tabelle della sezione “modifica spessori”

Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l’assegnazione dei materiali attraverso i soliti 3 modi (“copia e inserisci”, “seleziona materiali” e “inserisci materiale”).



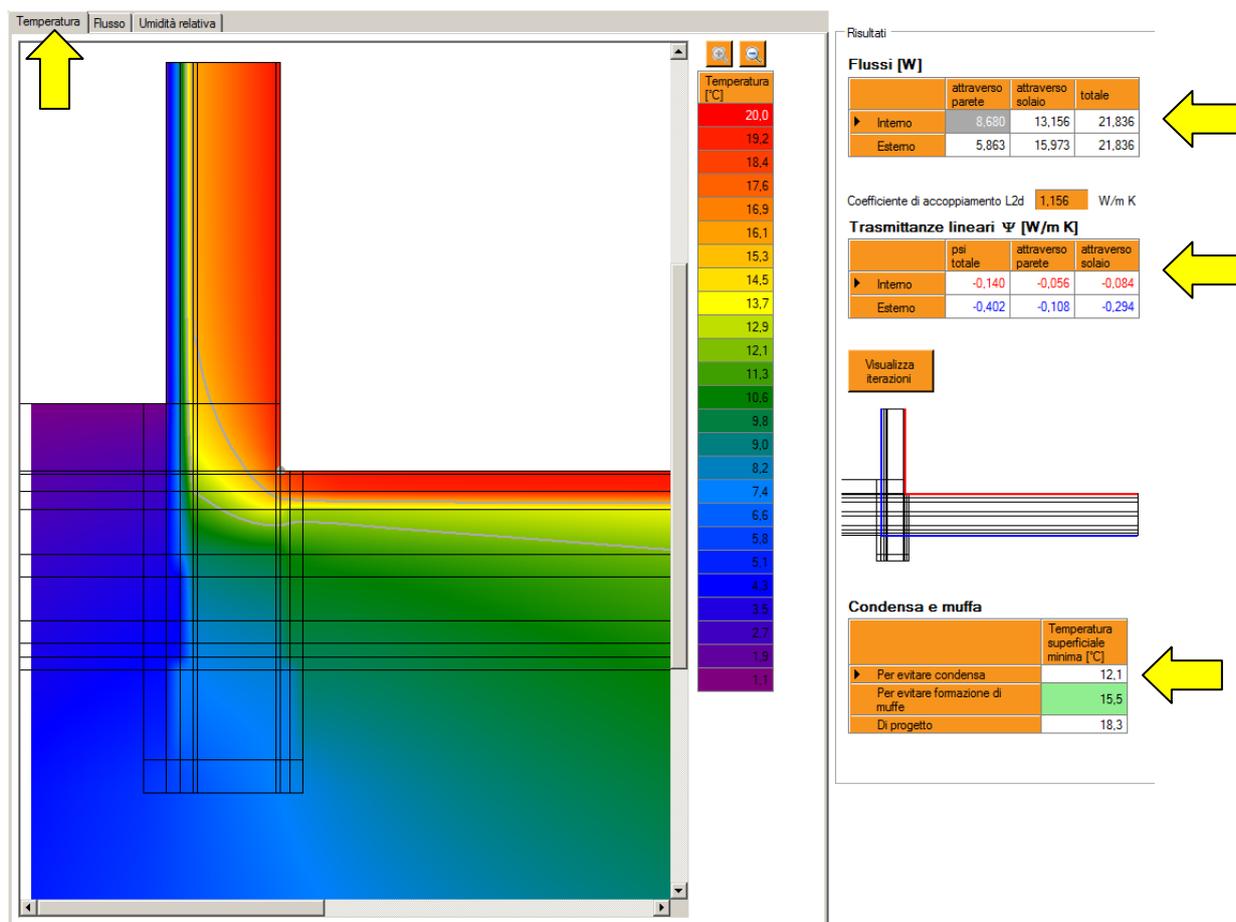


4. Le caratteristiche del terreno sono determinate dalla scheda “Controtterra”. È importante selezionare la tipologia di terreno desiderata prima di copiare il materiale in altre parti dello schema e compilare i dati geometri del pavimento necessari per l’analisi della dispersione in accordo con UNI EN ISO 13770.



Per i nodi GF è necessario compilare anche la scheda “Controtterra” per definire le caratteristiche del terreno e le dimensioni del pavimento interessato dalla dispersione.

6. Anche in questo caso la schermata dei risultati riporta gli schemi grafici con la distribuzione della temperatura, del flusso e dell’umidità relativa e i dati numerici calcolati. Il vespaio è stato analizzato quindi come un’intercapedine non ventilata con conduttività equivalente nota (ereditata dai dati della stratigrafia elaborata con PAN). Per approfondire le modalità di calcolo del coefficiente Ψ per un nodo controtterra si rimanda all’Appendice B.



Appendice B. significato del coefficiente 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 se stante, ma come parte del calcolo del coefficiente di dispersione dell'involucro all'interno della seguente formula:

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

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:

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

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 (flusso ϕ 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 [B.2] utilizzando sia le dimensioni interne che esterne del ponte termico per ottenere il valore di Ψ_i e Ψ_e .

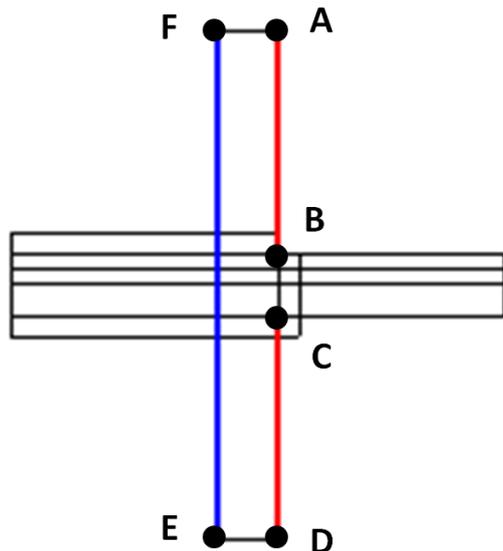
Di seguito riportiamo tre esempi di calcolo che illustrano come sono eseguiti i calcoli per un ponte termico che divide:

- l'ambiente riscaldato dall'ambiente esterno,
- l'ambiente riscaldato dall'ambiente esterno e da un ambiente non riscaldato,
- l'ambiente riscaldato dal terreno.

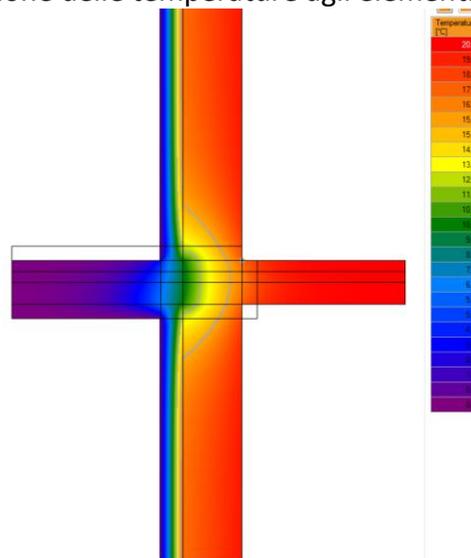
Coefficiente Ψ verso l'ambiente esterno

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:



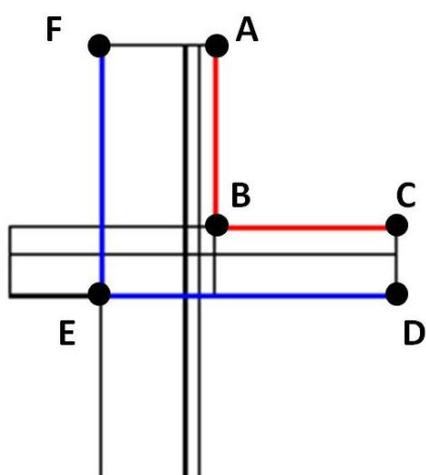
Risultati del calcolo:

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 $\Psi_e = 1.46 - 3.8 \cdot 0.20 = 0.70 \text{ W/mK}$

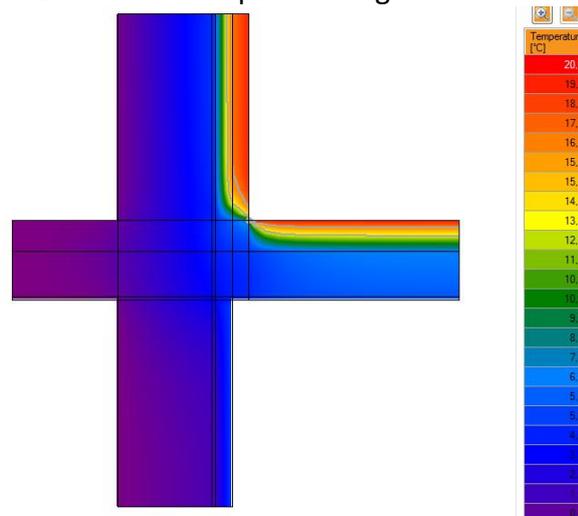
Coefficiente Ψ verso locali non riscaldati

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:



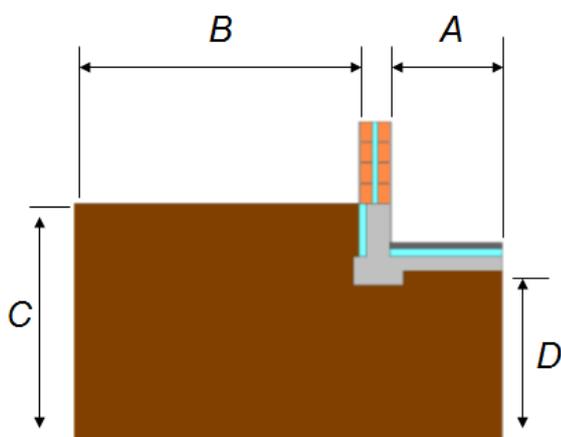
Risultati del calcolo:

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

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 i seguenti criteri per la definizione dei piani di taglio:

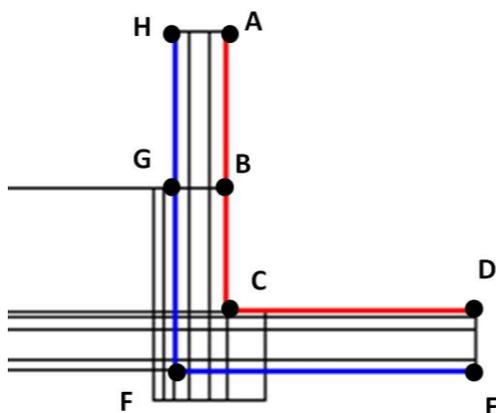
Obiettivo del calcolo		
	Temperatura superficiale	Flusso termico e temperatura superficiale
A	Almeno tre volte lo spessore della parete	0.5 x dimensione del pavimento
B	Almeno tre volte lo spessore della parete	2.5 x larghezza del pavimento
C	Almeno 3 metri	2.5 x larghezza del pavimento
D	Almeno 1 metro	2.5 x larghezza del pavimento



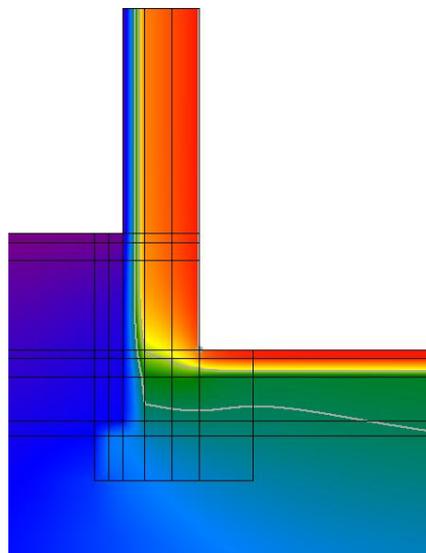
Descrizione delle dimensioni minime per la posizione del piano di taglio per nodi comprendenti il terreno in funzione dell'obiettivo del calcolo. Fonte: UNI EN ISO 10211, Prosp. 1.

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:

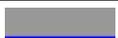
1)	$\Phi_{ABCD} = \Phi_{EFGH}$	nell'esempio $\Phi = 20.1 \text{ W}$
2)	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$	nell'esempio $L_{2D} = 20.1 / (20 - 0) = 1.0 \frac{\text{W}}{\text{K}}$
3)	$\Psi_i = L_{2D} - S_{AB} \cdot U_{AH} - S_{BC} \cdot U_{BG} - S_{CD} \cdot U_{DE}$ dove $U_{BG} = U_{bw}$ ovvero trasmittanza 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 C. Logiche di modellizzazione

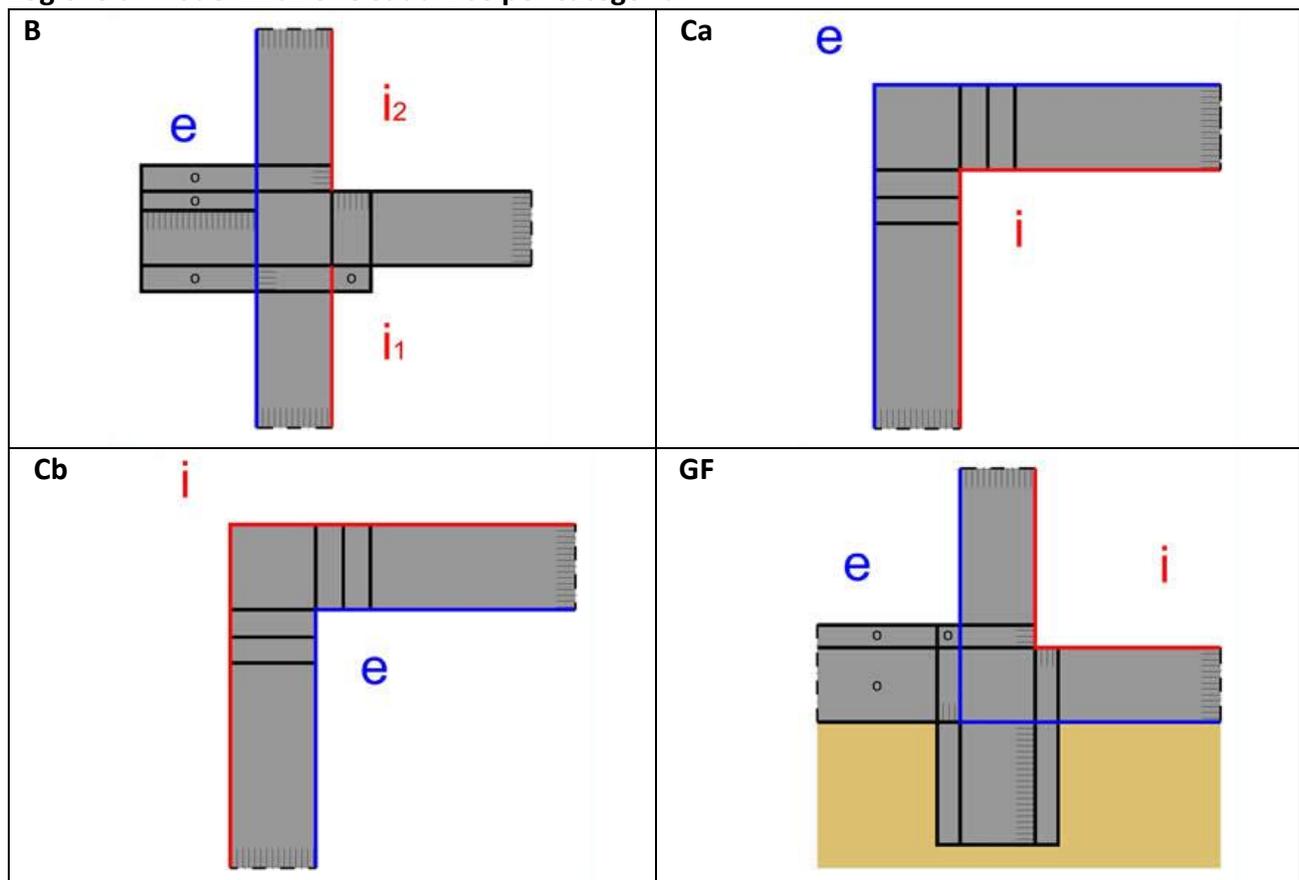
Riportiamo per ogni categoria di ponte termico presente in IRIS lo schema rappresentativo delle logiche di modellizzazione del nodo. Gli schemi evidenziano infatti:

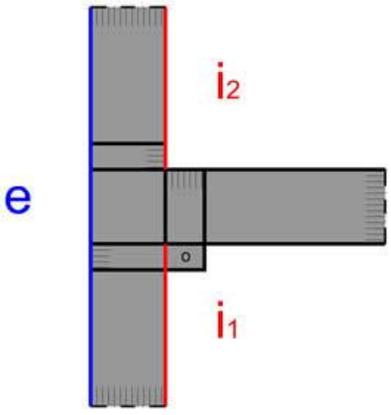
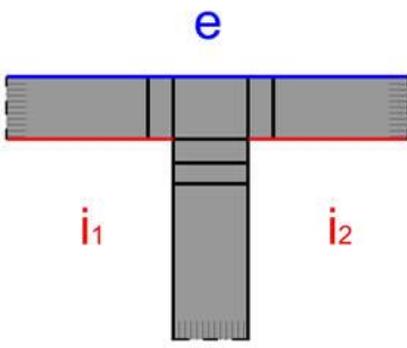
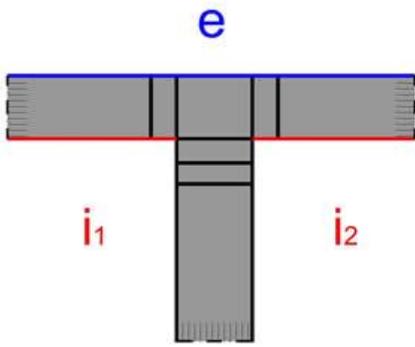
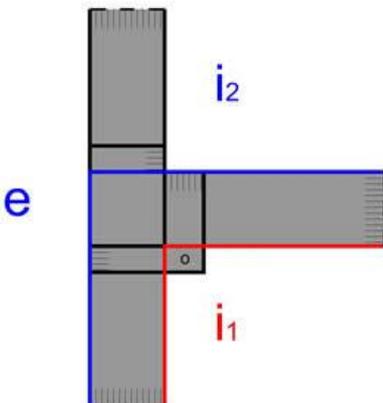
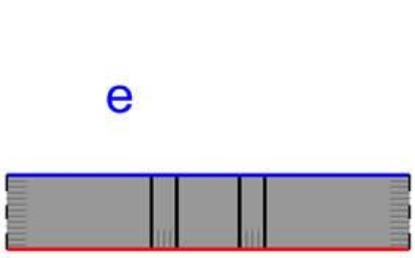
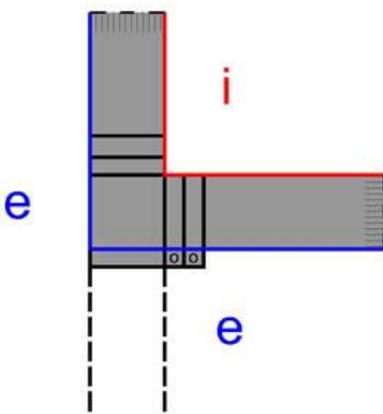
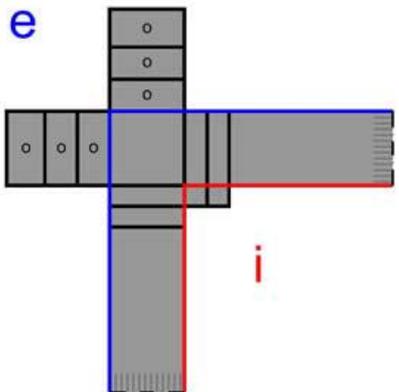
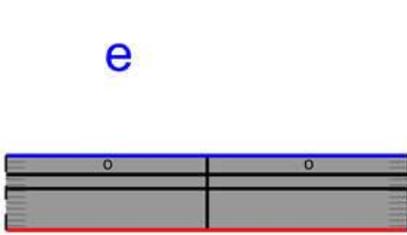
- le porzioni del nodo suddivisibili col comando “dividi strato” (tasto destro del mouse);
- le porzioni del nodo che possono restare in bianco, ovvero che possono non avere l’abbinamento con un materiale,
- le linee di confine utilizzate per l’analisi delle dispersioni.

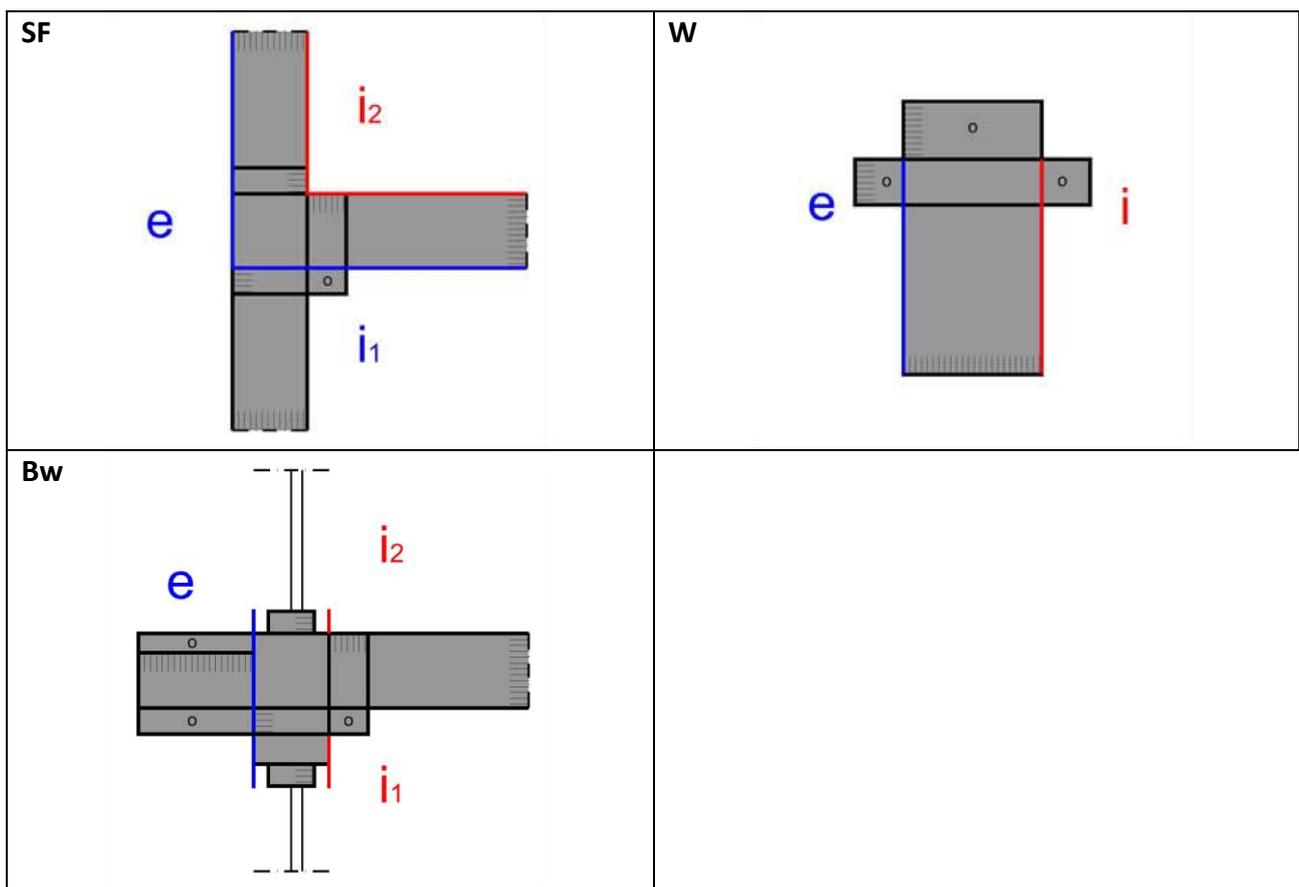
Legenda:

	strato suddivisibile all’infinito
	strato che può non essere abbinato a un materiale
	linea di confine per il calcolo della dispersione sul lato interno
	linea di confine per il calcolo della dispersione sul lato esterno

Logiche di modellizzazione suddivise per categoria:



<p>IF</p> 	<p>IWa</p> 
<p>IWb</p> 	<p>NF</p> 
<p>P</p> 	<p>PP</p> 
<p>R</p> 	<p>S</p> 

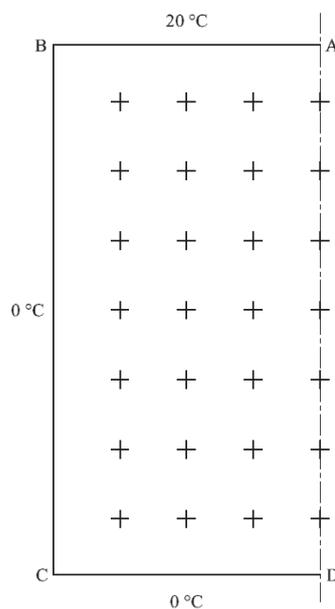


Appendice D. validazione del calcolo

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 4.

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.



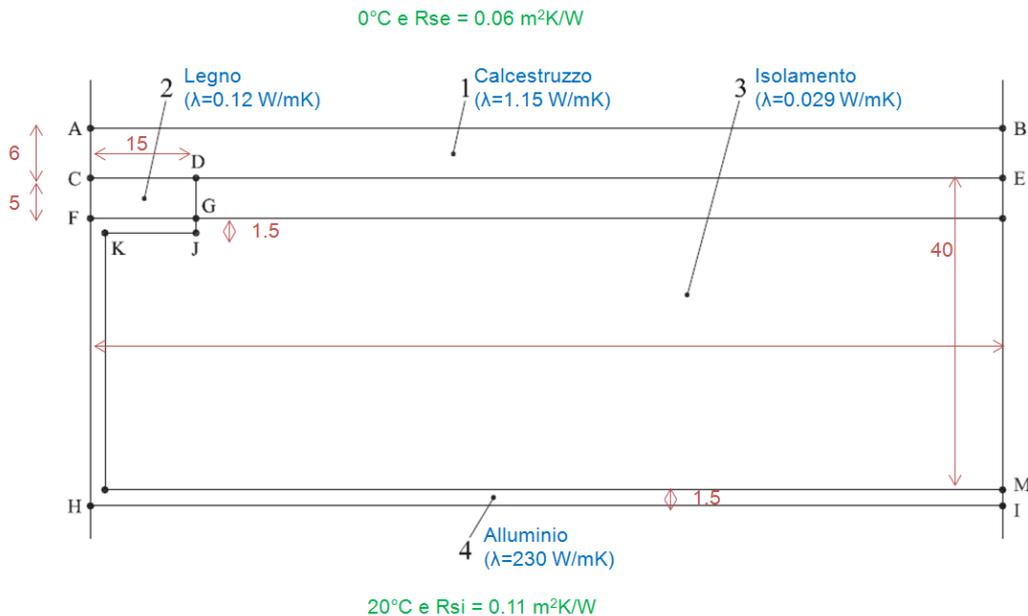
$$BC = 2 \times AB$$

Soluzione analitica proposta dalla norma rispetto ai punti della griglia (valori in °C)				Soluzione ottenuta con IRIS 4 (valori in °C)			
9.7	13.4	14.7	15.1	9,66	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	2,02	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 °C)			Soluzione ottenuta con IRIS 4 (valori in °C)		
A: 7.1	B: 0.8	C: 7.9	A: 7.08	B: 0.76	C: 7.92
D: 6.3	E: 0.8	F: 16.4	D: 6.30	E: 0.83	F: 16.40
G: 16.3	H: 16.8	I: 18.3	G: 16.32	H: 16.76	I: 18.33
Portata termica totale: 9.5 W/m			Portata termica totale: 9.516 W/m		

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

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