

# LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO STRUTTURALE

Risoluzione dei ponti termici strutturali mediante  
elementi a taglio termico



## I MANUALI ANIT

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, pubblica periodicamente **guide e manuali** sulle tematiche legate all'efficienza energetica e all'isolamento acustico degli edifici.

Gli argomenti trattati riguardano la legislazione, le norme tecniche di riferimento, le tecnologie costruttive, le indicazioni di posa e molto altro.

Le **guide** sono riservate ai Soci ANIT e analizzano leggi e norme del settore, i **manuali** sono scaricabili per tutti gratuitamente e affrontano con un taglio pratico temi sviluppati in collaborazione con le Aziende associate.



## STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono



Costante **aggiornamento** sulle **norme in vigore** con le GUIDE



I software per calcolare **tutti i parametri** energetici, igrotermici e acustici degli edifici



Servizio di **chiarimento tecnico** da parte dello Staff ANIT



Abbonamento alla rivista specializzata **Neo-Eubios**

I servizi e la quota di iscrizione variano in base alla categoria di associato (Individuale, Azienda, Onorario). I Soci Individuali possono accedere alla qualifica "Socio Individuale Più" per ottenere servizi avanzati.

**Il presente manuale è realizzato in collaborazione con:**



### Tutti i diritti sono riservati

Questo documento è stato realizzato da Tep s.r.l.

Le informazioni riportate sono da ritenersi indicative ed è sempre necessario riferirsi a eventuali documenti ufficiali in vigore. I contenuti sono aggiornati alla data in copertina. Si raccomanda di verificare sul sito [www.anit.it](http://www.anit.it) l'eventuale presenza di versioni più aggiornate.

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di Tep s.r.l.

# INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>1 IL PONTE TERMICO</b> .....	<b>4</b>
1.1 <i>Il ponte termico</i> .....	4
1.2 <i>Conseguenze energetiche</i> .....	5
1.3 <i>Conseguenze igrometriche</i> .....	6
1.4 <i>Ponti termici più frequenti</i> .....	7
<b>2 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO</b> .....	<b>8</b>
2.1 <i>Inquadramento legislativo</i> .....	8
2.2 <i>Cenni alla valutazione di <math>U_{media}</math> (e <math>H'_{\tau}</math>)</i> .....	9
2.3 <i>Requisiti igrometrici</i> .....	12
2.4 <i>Contenziosi e responsabilità</i> .....	14
2.5 <i>Normativa di riferimento UNI EN ISO 14683</i> .....	15
<b>3 IL COEFFICIENTE LINEARE</b> .....	<b>16</b>
3.1 <i>Significato del coefficiente lineare</i> .....	17
3.2 <i>Ponderazione del coefficiente lineare</i> .....	19
<b>4 ELEMENTI A TAGLIO TERMICO LINEARE E PUNTUALE</b> .....	<b>20</b>
4.1 <i>Possibili nodi in cui inserire elementi a taglio termico</i> .....	20
4.2 <i>Come può variare la conduttività al variare dei carichi?</i> .....	23
<b>5 SOLUZIONI PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO</b> .....	<b>25</b>
5.1 <i>Nodo balcone a sbalzo con Isokorb® tipo K</i> .....	26
5.2 <i>Nodo aggetto di copertura a sbalzo con Isokorb® tipo K-O</i> .....	28
5.3 <i>Nodo parapetto con Isokorb® tipo A</i> .....	30
5.4 <i>Nodo pilastro – solaio o parete-solaio con Sconnex®</i> .....	32
5.5 <i>Soluzioni per la riqualificazione di edifici esistenti</i> .....	34
<b>6 INDAGINI TERMOGRAFICHE IN CAMPO</b> .....	<b>36</b>
<b>CONTATTI</b> .....	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>38</b>

## PREMESSA

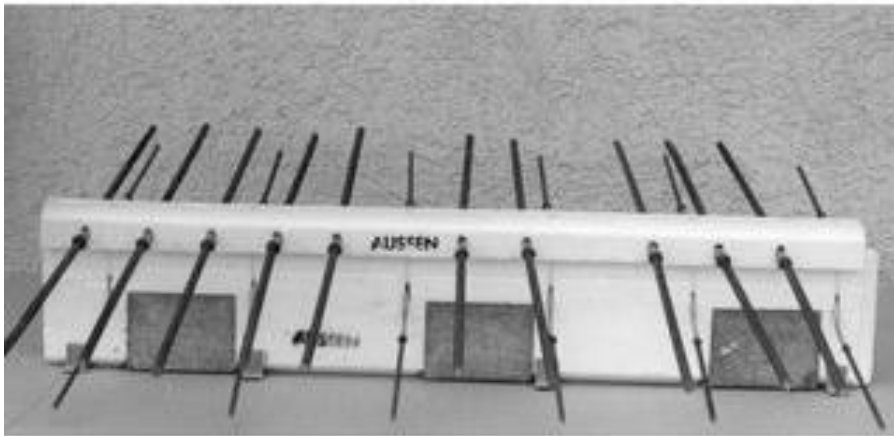
Il tema dei ponti termici è affrontato dall'Associazione da molti anni. L'azienda Schöck, associata ad ANIT, propone da più di quarant'anni soluzioni di taglio termico che risolvono il ponte termico attraverso la continuità dello strato isolante. La corretta valutazione dei ponti termici e la loro correzione sono temi progettuali trasversali ai soggetti che sono parte del processo di ideazione, progettazione e realizzazione degli edifici. Il Manuale si propone di riassumere i principali argomenti legati al taglio dei ponti termici con elementi dedicati.

La prima parte (capitoli 1-3) è dedicata all'inquadramento legislativo e normativo con cenni alla fisica tecnica dei ponti termici in generale.

La seconda parte (capitoli 4-5) è invece volta alla comprensione dei benefici energetici e igrometrici derivanti dall'uso delle soluzioni a taglio termico proposte da Schöck con un focus dedicato al tema della scelta dell'adeguato componente in relazione alle ipotesi di carico e con esempi di calcolo delle situazioni più frequenti.

L'ultimo capitolo (6) è dedicato a "mostrare" (grazie all'impiego della termografia) l'efficacia dei tagli termici su edifici realizzati. Sono raccolte le immagini termografiche più rappresentative di una campagna di monitoraggio realizzata nell'inverno 2022/23.

Buona lettura



*Nel 1983 viene presentato il primo Isokorb®, il tipo M. Anche all'epoca Isokorb® era costituito da isolante, barre a trazione, barre a taglio e reggispinta. Nel corso del tempo tutti i componenti sono stati sostituiti con materiali più moderni ed efficienti.*

# 1 IL PONTE TERMICO

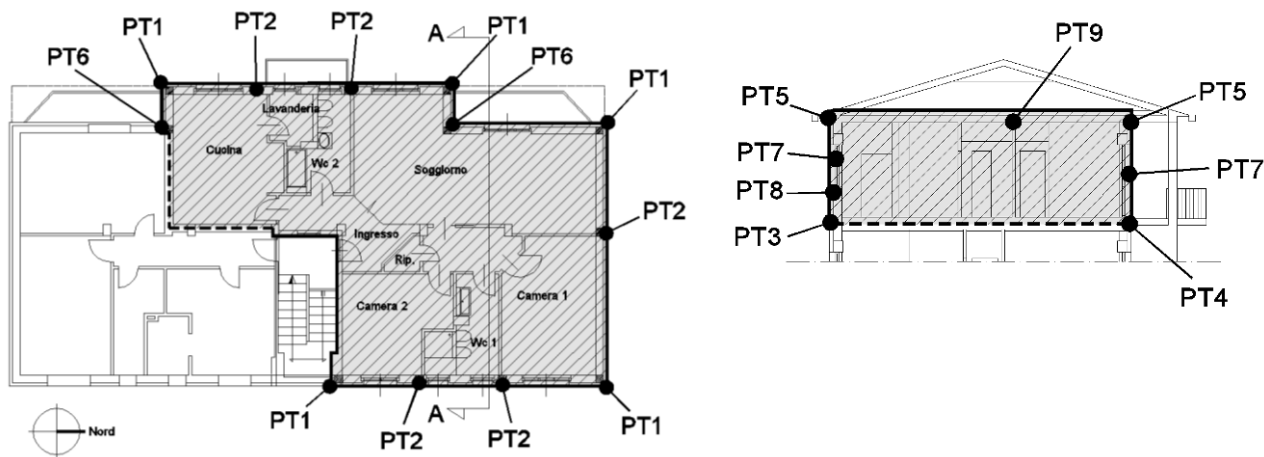
## 1.1 Il ponte termico

La norma UNI EN ISO 10211 definisce il ponte termico come:

*“Parte dell’involucro edilizio dove la resistenza termica, altrove uniforme, cambia in modo significativo per effetto della compenetrazione totale o parziale di materiale con conduttività termica diversa nell’involucro edilizio, e/o della variazione dello spessore della costruzione, e/o della differenza tra le aree interna ed esterna, come avviene per esempio in corrispondenza delle giunzioni tra parete, pavimento e soffitto.”*

In altri termini si può dire che ogni qualvolta si presenti una discontinuità che “turba” il flusso termico attraverso l’involucro che racchiude gli spazi riscaldati si è in presenza di un ponte termico. La discontinuità può essere di diversa natura: geometrica, di materiale, di spessore. Può essere costituita anche da un oggetto inserito nella struttura opaca (serramento, bocchetta di aerazione cc...). In tutti questi casi l’effetto dal punto di vista energetico è un incremento di flusso termico e il crearsi di una differenza di temperatura superficiale tra il punto in cui si trova la discontinuità e le pareti correnti adiacenti.

Quali sono i ponti termici presenti in un edificio? Solitamente sono molto numerosi, anche in costruzioni semplici. In generale però, più la forma dell’edificio è articolata, ad esempio con numerose rientranze e sporgenze, o con molti balconi, e più sono presenti zone che si configurano come ponte termico. Compito del progettista è identificare questi punti nel proprio edificio attraverso l’analisi di piante e sezioni (come nella figura sotto) e progettare adeguatamente ogni nodo.



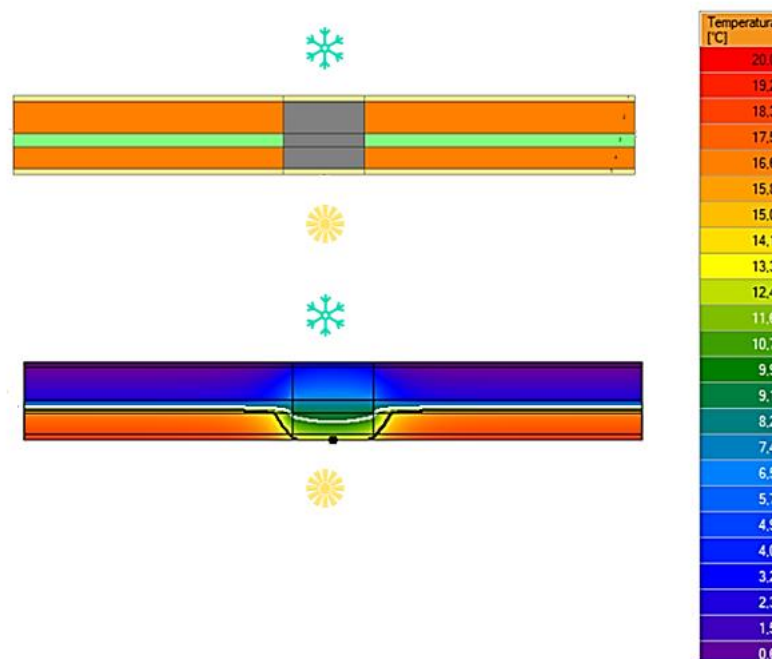
Le conseguenze dirette della presenza di un ponte termico sono di due tipi: energetiche e igrometriche.

## 1.2 Conseguenze energetiche

Il ponte termico, dal punto di vista energetico, rappresenta un punto debole nell'involucro edilizio, cioè un punto da cui si ha una maggiore perdita di energia. In corrispondenza del ponte termico, infatti, si genera un flusso di calore aggiuntivo rispetto al flusso di calore principale che attraversa la struttura, che in inverno va dall'ambiente interno verso l'ambiente esterno. Ma perché questo accade?

In una struttura la temperatura si abbassa in modo lineare all'interno dei vari strati che la compongono. Possiamo visualizzare l'andamento delle temperature in una struttura attraverso un calcolo ad elementi finiti. Nel nodo schematizzato si vede che la distribuzione delle temperature risulta diversa nella parete corrente e in corrispondenza della discontinuità (pilastro).

Questo fa sì che non ci sia più solo una differenza di temperatura tra ambiente interno ed esterno (che è quella che genera il flusso termico principale), ma anche differenze di temperatura interne alla struttura, che a loro volta generano flussi termici aggiuntivi. Pertanto il flusso termico in corrispondenza del ponte termico è la combinazione di tutti i contributi, ed è maggiore rispetto a quello che si ha nella parete corrente.



Lo stesso meccanismo può verificarsi anche nella stagione estiva. Il flusso di calore dall'esterno può divenire più intenso in corrispondenza dei ponti termici. Pur con meno conseguenze della stagione invernale (non si verificano fenomeni di muffa o condensa), ciò si traduce in maggiori entrate di energia nell'ambiente, con conseguente discomfort o maggior lavoro dell'impianto di condizionamento.

### 1.3 Conseguenze igrometriche

In corrispondenza dei ponti termici nell'ambiente interno si creano zone a temperatura superficiale più bassa. Il fenomeno è facilmente rilevabile attraverso un'indagine termografica.



Immagine nel visibile

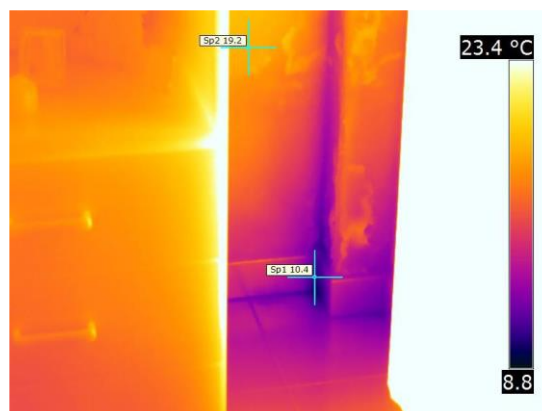


Immagine termografica del ponte termico

Se la temperatura scende al di sotto della cosiddetta “temperatura di rischio” (calcolata secondo la norma UNI EN ISO 13788 in base alla destinazione d’uso dell’edificio e alla località in cui si trova), sulla superficie si possono verificare fenomeni di muffa e condensa. Questi possono risultare nocivi per la salute, soprattutto in persone sensibili o allergiche.

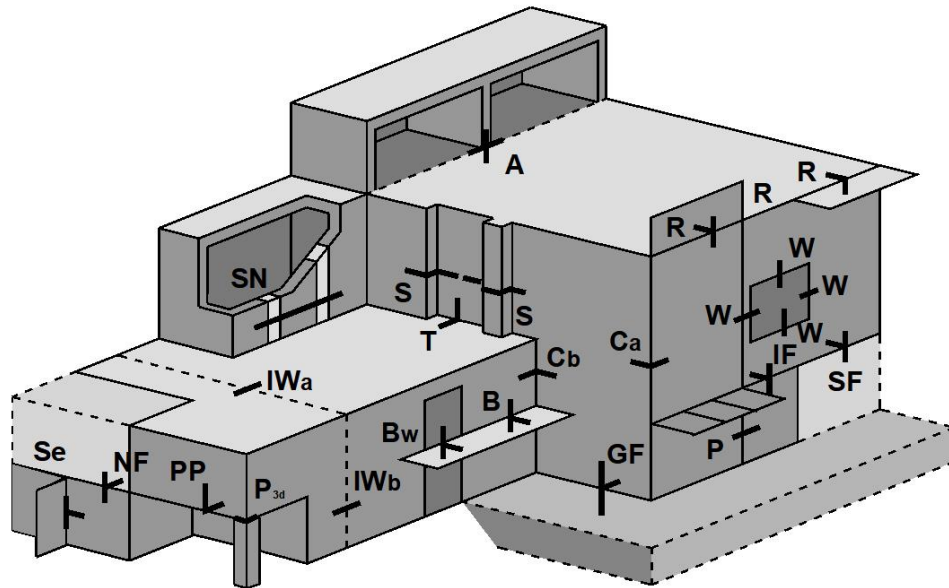


Questi fenomeni sono molto spesso all’origine di contenziosi legali tra i proprietari dell’alloggio e i progettisti, direttori lavori, costruttori e conduttori delle abitazioni. Si veda a questo proposito il paragrafo 2.4. “Responsabilità”.

Anche sul lato esterno delle strutture la presenza di ponti termici può lasciare “tracce visibili”. In questo caso il ponte termico è una zona a temperatura più alta rispetto alle parti correnti. La differenza di temperatura tra un punto e l’altro della struttura può causare effetti di ammaloramento delle facciate.

## 1.4 Ponti termici più frequenti

Come prima descritto, il ponte termico si crea in ogni punto in cui è rilevabile una discontinuità nell'involucro. Per identificarli ci serviamo dello schema contenuto nel software IRIS distribuito ai soci di ANIT.



A	Nodi tra quattro strutture	PP	Piano Pilotis (innesto pilastri- solai)
B	Balconi	R	Aggetti di gronda e parapetti
B <sub>w</sub>	Balconi con serramento	S	Cambiamento di spessore o materiale
C <sub>a</sub>	Angoli convessi	Se	Setto verticale in parete
C <sub>b</sub>	Angoli concavi	SF	Solai su ambiente non riscaldato
GF	Nodi controterra	SN	Elementi non omogenei
IF	Solai interpiano	T	Terrazze
IW <sub>a</sub>	Nodo tra parete interna e solaio	W	Contorno serramenti
IW <sub>b</sub>	Nodo tra parete interna e parete esterna		
NF	Solai sotto ambiente non riscaldato		
P	Pilastri in parete		
P <sub>3d</sub>	Attacco pilastro tridimensionale		

Non tutti i ponti termici si possono risolvere completamente e soprattutto alcuni sono particolarmente critici e richiedono uno studio specifico per la correzione.

In particolare il contorno dei serramenti ed i balconi devono essere ben studiati e non possono essere risolti con il solo intervento di isolamento dall'esterno.



## 2 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO

### 2.1 Inquadramento legislativo

Il tema dei ponti termici rientra in tutti i calcoli energetici necessari in caso di intervento sull'involucro di un edificio a tutti i livelli, dalla nuova costruzione all'isolamento anche di una sola parete.

Il DM 26/06/2015 riporta i requisiti minimi ad oggi in vigore per i vari ambiti di applicazione, che si possono dividere in due macrocategorie:

- Interventi globali: *nuovo edificio, demolizione e ricostruzione, ristrutturazioni importanti di I livello*  
Per questo tipo di interventi è richiesta la verifica degli indici di prestazione energetica  $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$ ,  $EP_{gl,tot}$  calcolati sull'intero l'edificio. I primi due riguardano solo il fabbisogno di involucro (invernale ed estivo) mentre il terzo tiene conto anche di tutti gli impianti a servizio dell'edificio.  
È inoltre richiesta la verifica di  $H'_T$  (coefficiente medio globale di scambio termico) calcolato sull'intero edificio.
- Interventi parziali: *ristrutturazione importante di II livello, riqualificazione energetica*  
Per questi interventi l'oggetto del calcolo è la superficie oggetto di intervento. Viene richiesto il rispetto del limite di trasmittanza media (comprensiva di ponti termici) calcolato sulla superficie di intervento e del limite di  $H'_T$  riferito alla stessa superficie.

Per tutti gli interventi è richiesta l'esecuzione delle verifiche termoigrometriche, che richiedono la verifica dell'assenza di muffa sulla superficie e di condensazione interstiziale nelle strutture.

Per maggiori dettagli riguardanti i requisiti minimi è possibile consultare le guide ANIT.

Il rispetto dei requisiti minimi è sempre richiesto quando si costruisce un nuovo edificio o si interviene effettuando lavori che possono modificarne le prestazioni energetiche. Non sono ammesse deroghe se non nei casi espressamente previsti dalla legge. Il rispetto dei requisiti viene dimostrato con la consegna in Comune di una relazione tecnica specifica (conosciuta come "Relazione ex- Legge 10") contestualmente alla richiesta di titolo abilitativo. Alla fine dei lavori il Direttore Lavori attesta la conformità di quanto in opera con il progetto. In caso di varianti che modifichino le prestazioni energetiche dell'edificio la relazione deve essere aggiornata.

L'art. 15 del Dlgs 192/2005 stabilisce le sanzioni per il mancato rispetto dei requisiti o irregolarità nella redazione della relazione.

## 2.2 Cenni alla valutazione di $U_{media}$ (e $H'_T$ )

Un primo aspetto da valutare nell'analisi del ponte termico è quello energetico. Come sopra descritto, il ponte termico rappresenta un punto dell'involucro a maggiore dispersione di energia. La maggiore energia dispersa si quantifica, come vedremo nel dettaglio nelle pagine che seguono, attraverso il calcolo del coefficiente  $\psi$ , detto "coefficiente di trasmittanza lineica" o di "trasmittanza lineare". Questo coefficiente può essere utilizzato per valutare l'incidenza dei ponti termici nella verifica della trasmittanza media e nel calcolo delle dispersioni attraverso l'involucro come mostrato di seguito.

Trasmittanza termica media di una struttura:

$$U_{media} = \frac{\sum_i U_i A_i + \sum_k \psi_k l_k}{A_{tot}}$$

Coefficiente dispersivo attraverso l'involucro:

$$H_D = \sum_i U_i \cdot A_i + \sum_k \psi_k l_k$$

dove:

$U_{media}$  è la trasmittanza termica media [W/m<sup>2</sup>K]

$H_D$  è il coefficiente di scambio termico [W/K]

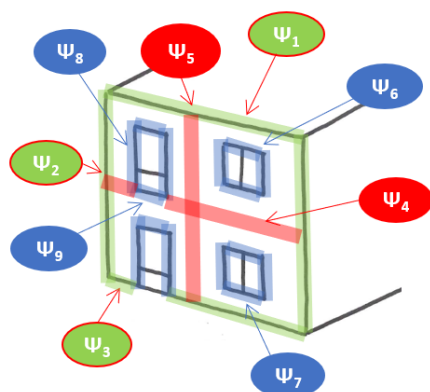
$U_i$  è la trasmittanza termica dell'i-esimo componente dell'involucro calcolata in accordo con la norma UNI EN 6946 per gli elementi opachi

$A_i$  è la superficie lorda disperdente del componente con trasmittanza  $U_i$  dove per le dimensioni di porte e finestre sono assunte le dimensioni delle aperture nella parete [m<sup>2</sup>]

$\psi_k$  è la trasmittanza lineica del k-esimo ponte termico lineare valutata in accordo con le indicazioni della norma UNI EN ISO 14683 o della norma UNI EN ISO 10211 [W/mK]

$l_k$  è la lunghezza alla quale si applica  $\psi_k$  [m]

Per quanto riguarda il conteggio dei ponti termici all'interno del singolo calcolo, la legge prescrive di conteggiare **per intero i ponti termici interamente compresi nella superficie di intervento, per metà quelli sul perimetro**. Segue un paragrafo dedicato al tema della "ponderazione dei ponti termici".



$$U_{progetto} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \sum_j (\Psi_j \cdot l_j)}{\sum_i A_i} \leq U_{limite L10}$$

Dove  $\Psi$  è da valutare al:

- - 100% se all'interno dell'area
- - 50% se al perimetro dell'area
- - 100% (o 50%?)

*Valutazione della trasmittanza termica media di progetto di una facciata per il rispetto dei requisiti di ex-L10*

Secondo le norme non esiste più la definizione di “ponte termico corretto”, ovvero non si può decidere a priori se un ponte termico ha un effetto nullo (vedi box sotto). Ogni nodo va valutato singolarmente.

Su questo tema la versione 2014 della norma UNI/TS 11300 parte 1, specifica che:

*“Lo scambio termico per trasmissione attraverso i ponti termici deve essere calcolato secondo il punto 5 della UNI EN ISO 14683:2008. Nella valutazione sul progetto i valori di trasmittanza termica lineare devono essere determinati esclusivamente attraverso il calcolo numerico in accordo alla UNI EN ISO 10211 oppure attraverso l’uso di atlanti di ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683.*

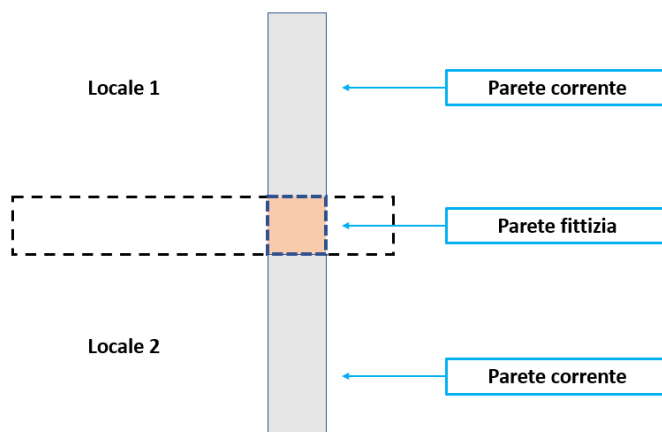
*Per gli edifici esistenti è ammesso in aggiunta l’uso di metodi di calcolo manuali conformi alla UNI EN ISO 14683. È sempre da escludersi l’utilizzo dei valori di progetto della trasmittanza termica lineare riportati nell’allegato A della UNI EN ISO 14683:2008.*

*Nel caso in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse, il valore della trasmittanza termica lineare, dedotto dalla UNI EN ISO 14683, deve essere ripartito in parti uguali tra le due zone interessate.”*



### Ponte termico corretto? ATTENZIONE! Normativa superata

Il Dlgs 192/05, nella sua versione originale, riportava questa definizione di “ponte termico corretto”: **ponte termico corretto** è quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente. La parete fittizia veniva definita come quella schematizzata nella seguente figura:



Risulta subito evidente come questa definizione sia aleatoria, vista la difficoltà nei casi meno semplici di definire le esatte dimensioni della parete fittizia (ad esempio per un angolo). I testi degli applicativi del Dlgs 192 precedenti al 2015 (Dlgs 311/06, DPR 59/09) riprendevano questa definizione, prescrivendo di conteggiare nel calcolo della trasmittanza media i soli ponti termici non corretti. Questa indicazione non viene più ripresa dal DM 26/06/2015, che trascura completamente la definizione sopra riportata, rimandando alle norme tecniche che, come indicato precedentemente, prescrivono la quantificazione di tutti i ponti termici tramite il coefficiente lineico, e non danno alcuna definizione di ponte termico corretto.

## Limiti per le detrazioni

I limiti di trasmittanza per l'accesso alle detrazioni fiscali per risparmio energetico (Ecobonus, Superbonus 110%) non sono comprensivi di ponte termico. Tuttavia **per tutti gli edifici devono sempre contestualmente essere rispettati requisiti minimi del DM 26/06/2015 che comprendono sempre il calcolo dei ponti termici**. I requisiti per le detrazioni non sostituiscono quindi quelli di legge, ma li integrano.

Pertanto, **per il solo confronto con i valori limite del Decreto 6 agosto 2020 (per lavori iniziati dopo il 6 ottobre 2020) o DM 26 gennaio 2010 (per lavori iniziati prima del 5 ottobre 2020)**, il calcolo si esegue tenendo conto delle sole parti correnti con la formula seguente:

$$U_{media} = \frac{\sum_i U_i A_i}{A_{tot}}$$

$U_{media}$  è la trasmittanza termica media [W/m<sup>2</sup>K]

$U_i$  è la trasmittanza termica dell'i-esimo componente dell'involucro calcolata in accordo con la norma UNI EN 6946 per gli elementi opachi

$A_i$  è la superficie lorda disperdente del componente con trasmittanza  $U_i$  dove per le dimensioni di porte e finestre sono assunte le dimensioni delle aperture nella parete [m<sup>2</sup>]

## 2.3 Requisiti igrometrici

Il decreto Requisiti minimi DM 26/06/2015 **richiede obbligatoriamente la verifica del rischio di muffa** sui ponti termici per gli edifici di nuova costruzione. Negli edifici esistenti occorre applicare ogni buona prassi per minimizzare il problema, cioè per avere temperature superficiali interne più alte possibili.

Il testo del decreto riferito alle verifiche termoigrometriche è così articolato:

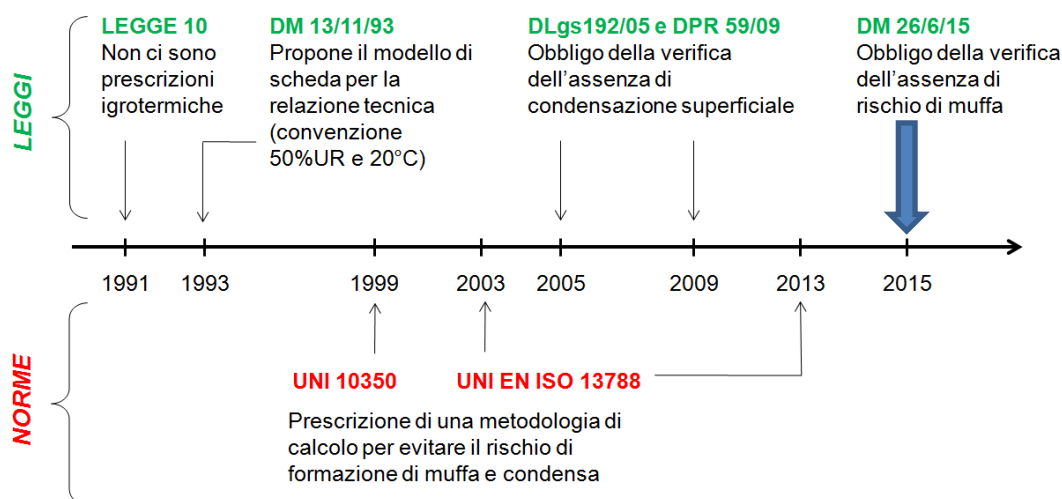
*DM 26/6/2015, All.1 Art. 2.3 comma 2*

*“Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica dell'assenza:*

- *di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;*
- *di condensazioni interstiziali.*

*Le condizioni interne di utilizzazione sono quelle previste nell'appendice alla norma sopra citata, secondo il metodo delle classi di concentrazione. Le medesime verifiche possono essere effettuate con riferimento a condizioni diverse, qualora esista un sistema di controllo dell'umidità interna e se ne tenga conto nella determinazione dei fabbisogni di energia primaria per riscaldamento e raffrescamento.*

Le regole sulle verifiche termoigrometriche sono variate nel tempo in maniera significativa, soprattutto per quanto riguarda i ponti termici:

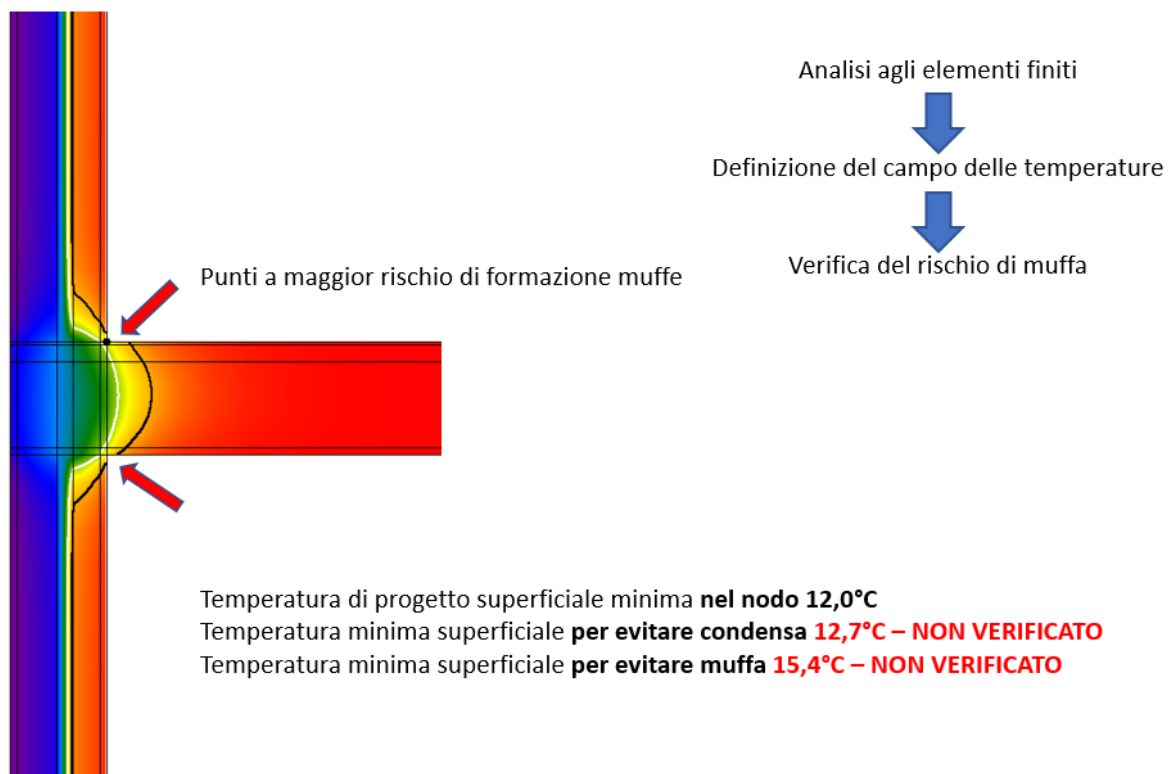


I ponti termici vengono menzionati esplicitamente nella normativa sulle verifiche termoigrometriche solo a partire dal 2015, con la pubblicazione DM 26/06/2015. Nello stesso dispositivo si fa anche per la prima volta riferimento alla verifica del rischio di **formazione muffe**.

In tutte le prescrizioni precedenti, fino al DPR 59/09 si richiedeva la verifica di assenza della condensazione superficiale e di assenza (o controllo) della condensazione interstiziale, da effettuare genericamente sulle “strutture opache”.

Per quanto riguarda la modalità di effettuazione delle verifiche, è necessario definire la temperatura del rischio muffa nel mese più sfavorito con la metodologia indicata dalla norma UNI EN ISO 13788. La temperatura di rischio va poi confrontata con la minima temperatura superficiale raggiunta in corrispondenza del nodo. Quest'ultima può essere determinata solo con un calcolo ad elementi finiti che consenta di definire l'andamento

del campo di temperature nel nodo. Pertanto il rischio di muffa sul ponte termico può essere valutato unicamente con un'analisi agli elementi finiti.



Oltre ai requisiti nazionali del 2015 esistono anche altri riferimenti che aiutano ad approfondire l'approccio alla valutazione della correzione dei ponti termici: la provincia autonoma di Bolzano ha emanato due direttive CasaClima nel 2017 [fonti 14 e 15] e un catalogo di soluzioni conformi dei ponti termici [fonte 8] per edifici nuovi ed esistenti che entrano nel merito delle verifiche igrometriche individuando le seguenti condizioni:

- resistenza liminare interna imposta a  $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$
- temperatura dell'aria esterna basata sul mese più freddo
- temperatura di rischio pari a 17,0 °C in assenza di VMC o a 12,0 °C in presenza di VMC

Il tema della correzione dei ponti termici ai fini della verifica del rischio muffa è molto presente anche al di fuori del territorio nazionale. In Germania per esempio, i ponti termici sono richiamati in modo esplicito nelle valutazioni igrometriche per il rispetto dei requisiti nazionali (leggi EnEV e GEG del 2020) con riferimenti alle norme UNI EN ISO 13788 e DIN 4108-2, per le condizioni al contorno e di rischio, e alla UNI (DIN) EN ISO 10211 per le modalità di calcolo agli elementi finiti.

## 2.4 Contenziosi e responsabilità

Il tema della formazione di muffa sulla superficie interna di pareti, coperture e pavimenti negli edifici è purtroppo all'origine di molti contenziosi. Al manifestarsi del problema si verifica un rimbalzo delle responsabilità tra i vari soggetti coinvolti (conduttore, impresa, immobiliare, direttore lavori, progettista...). Come è infatti stato descritto il formarsi della muffa dipende da un insieme di condizioni ambientali e costruttive che non sempre è di facile individuazione. Si riporta un esempio di quesito posto dal giudice al consulente tecnico del tribunale (CTU) che sintetizza molto bene le questioni che emergono nei contenziosi:

*“dica il consulente tecnico del tribunale - CTU se: i vizi lamentati dagli attori sussistano [...] con riferimento alle efflorescenze di muffa; [...]. Dica il CTU quali ne siano le cause e se gli stessi sono eliminabili e con quali costi ed opere. [...] Nel rispondere al quesito, il CTU farà riferimento alla normativa in vigore alla data di costruzione dell'immobile [...]”*

La tabella riassume quali sono i soggetti principali potenzialmente coinvolti in funzione della causa che ha generato la formazione di muffa.

Soggetti responsabili	Cause		
	Progetto di correzione del ponte termico errato	Realizzazione edile non conforme al progetto corretto	Gestione non conforme alla “gestione” standard di progetto
Progettista ex-L10	X		
Direttore dei lavori		X	
Impresa installatrice		X	
Conduttore			X

*Cause e soggetti responsabili*

La tabella individua in funzione di una precisa causa qual è il soggetto responsabile. È da evidenziare che spesso le cause sono più di una.

Per stabilire le cause alla base del fenomeno e le relative modalità di un eventuale intervento da quantificare a livello economico è possibile realizzare le seguenti attività durante la stagione invernale:

- analisi approfondita del progetto e della documentazione e delle foto di cantiere, al fine di capire le tecniche realizzative
- verifica visiva dei punti in cui il fenomeno appare
- rilievi termografici interni ed esterni delle superfici
- determinazione delle strutture costruttive dell'edificio con simulazione dei livelli di correzione dei ponti termici e conformità con quanto presente nel progetto e asseverato dal DL (relazione ex-legge10)
- monitoraggio strumentale e analisi delle condizioni di temperatura e umidità all'interno degli alloggi, al fine di definire il regime mantenuto negli ambienti e confrontarlo con le condizioni standard di progetto.

Le attività descritte consentono di valutare cause e responsabilità.

Le possibili sanzioni sono decise a conclusione del contenzioso e disposte dai giudici. Le regole dell'efficienza energetica individuano solo sanzioni specifiche in capo al progettista termotecnico per errori presenti in relazione ex-L10.

## 2.5 Normativa di riferimento UNI EN ISO 14683

Le principali norme di riferimento per la valutazione dei ponti termici sono:

### ***UNI EN ISO 14683:2008 “Ponti termici in edilizia. Flussi termici e temperature superficiali. Calcoli dettagliati”***

Questa norma fornisce la definizione di coefficiente lineico  $\psi$  e le varie modalità di calcolo (abachi, metodi manuali, elementi finiti), indicando anche il possibile errore percentuale insito nell'utilizzo di ciascun metodo (20% per abachi e metodi manuali, 5% per i metodi ad elementi finiti). Riporta anche un abaco precalcolato contenente valori di  $\psi$  per diversi nodi.

### ***UNI TS 11300-1 “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale”***

Come riportato al paragrafo 2.2 riporta i metodi utilizzabili per la determinazione di  $\psi$  nei calcoli su edifici nuovi ed esistenti. Non consente di utilizzare l'abaco precalcolato della norma UNI EN ISO 14683.

### ***UNI EN ISO 10211:2008 “Ponti termici in edilizia. Flussi termici e temperature superficiali. Calcoli dettagliati”.***

Spiega come eseguire il calcolo di un ponte termico ad elementi finiti, con modello bidimensionale e tridimensionale: costruzione del modello, impostazione delle condizioni al contorno, elaborazione dei risultati. È la norma che consente di validare i software per il calcolo agli elementi finiti dei ponti termici.

### ***UNI EN ISO 13788 “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***

È la norma di riferimento per le verifiche termoigrometriche. Fornisce anche le condizioni interne di verifica per la muffa e la condensa superficiale ed interstiziale.



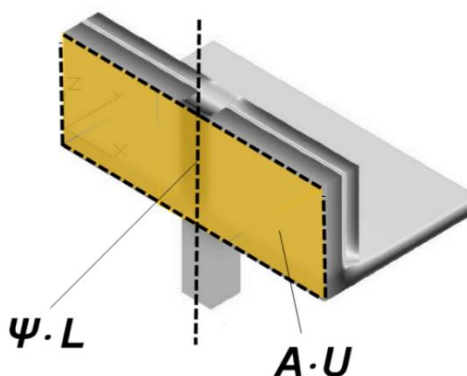
### 3 IL COEFFICIENTE LINEARE

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

$$H = \sum(U \cdot A) + \sum(\Psi \cdot l)$$

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.



Esempio di coefficiente lineare con schematizzazione di un pilastro in facciata per la valutazione della dispersione energetica attraverso l'involucro in accordo con la norma UNI EN ISO 14683.

Il calcolo del coefficiente  $\Psi$  è condotto in accordo con la seguente formula:

$$\Psi = L_{2D} - \sum(U \cdot l)$$

dove:

- $\Psi$  è il coefficiente di trasmittanza lineica; è indicato come "interno" ( $\Psi_i$ ) o "esterno" ( $\Psi_e$ ) 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].

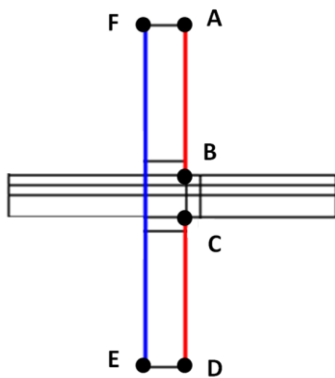
Il valore di coefficiente lineare si determina generalmente con un calcolo attraverso la seguente procedura:

- 1- si realizza il modello geometrico e con le caratteristiche termiche dei singoli materiali;
- 2- si ipotizzano le temperature nelle diverse condizioni al contorno;
- 3- si sviluppa il calcolo e viene identificato 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  $\phi$  espresso in W) e il salto termico definito delle condizioni al contorno del ponte termico;
- 4- si calcola la sommatoria  $\sum(U \cdot l)$  per gli elementi che compongono il ponte termico;
- 5- si risolve l'equazione utilizzando sia le dimensioni interne che esterne del ponte termico per ottenere il valore di  $\Psi_i$  e  $\Psi_e$ .

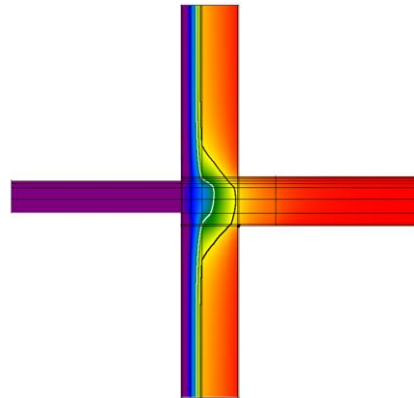
### 3.1 Significato del coefficiente lineare

Il miglior modo per capire concretamente il significato del ponte termico è di mostrare un esempio. Consideriamo un ponte termico di un balcone schematizzato come segue. Le superfici a contatto con l'ambiente riscaldato (a 20°C) sono identificate dai tratti AB e CD. La superficie a contatto con l'ambiente esterno (a 0°C) è identificata dal tratto 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:

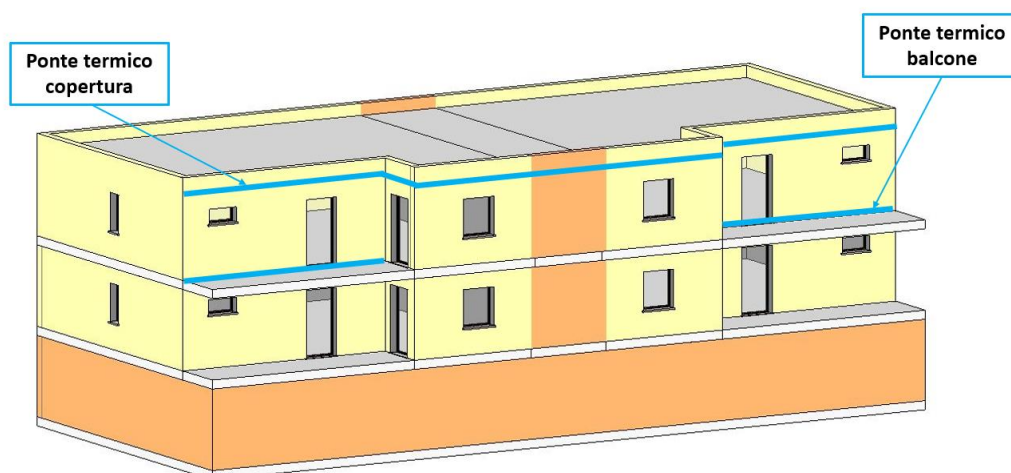


I passaggi che portano alla valutazione numerica del coefficiente lineare iniziano dal calcolo del flusso che attraversa il nodo oggetto di studio di profondità 1 metro.

1	<i>C.a. con <math>\lambda = 2.5 \text{ W/mK}</math> Massetto alleggerito <math>\lambda = 1.8 \text{ W/mK}</math> Isolante esterno <math>\lambda_D = 0.035 \text{ W/mK}</math> Intonaco <math>\lambda = 0.6 \text{ W/mK}</math></i>	Si realizza il modello geometrico e con le caratteristiche dei singoli materiali. Ad ogni colore corrisponde un valore di conduttività termica $\lambda_D$ (dichiarata per i materiali che sono considerati come materiale isolante).
2	$T_1 = \text{Taria esterne} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_2 = \text{Taria appartamento sotto} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_3 = \text{Taria apprtamento sopra} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	Si ipotizzano le temperature degli ambienti al contorno.
3	$\Phi_{ABCD} = \Phi_{EF}$ $\Phi_{ABCD} = \Phi_{EF} = 26.4 \text{ W}$	Si sviluppa il calcolo del flusso in condizioni stazionarie definite.
4	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$ $L_{2D} = 26.4 / (20 - 0) = 1.32 \text{ W/K}$	Stima di $L_{2d}$ ovvero normalizzazione del flusso rispetto alla differenza di temperatura.
5	$\Psi_i = L_{2D} - (S_{AB} \cdot U_{AF}) - (S_{CD} \cdot U_{DE})$ $\Psi_i = 1.32 - 1.21 \cdot 0.20 - 1.21 \cdot 0.20 = 0.82 \text{ W/mK}$	Calcolo del coefficiente lineare sulla base delle misure interne (linee rosse) con l'altezza interna pari a 1,21 m la trasmittanza U della parete pari a 0.20 W/m <sup>2</sup> K.
6	$\Psi_e = L_{2D} - S_{EF} \cdot U_{AF}$ $\Psi_e = 1.32 - 2.8 \cdot 0.20 = 0.75 \text{ W/mK}$	Calcolo del coefficiente lineare sulla base delle misure esterne lorde (linea blu).

Il valore di coefficiente lineare ottenuto è particolarmente elevato. È possibile ridurre questo valore introducendo gli elementi a taglio termico nella progettazione e realizzazione.

Ma come può pesare questo valore sulle dispersioni energetiche di una facciata? L'esempio mostra il peso che possono avere i ponti termici valutandone l'influenza su di una facciata come quella descritta in figura.



Le strutture di parete, di copertura e di solaio su locali non riscaldati del piano terra sono isolate termicamente ai fini del rispetto dei requisiti minimi e i ponti termici sono stati curati con attenzione fatta eccezione dei due individuati: balcone e nodo parete-copertura.

Le simulazioni mostrano la differenza tra non curare quei ponti termici o progettarli con elementi a taglio termico descritti in dettaglio successivamente. L'aumento delle dispersioni **sfiora il 30%**. Per questo motivo il Legislatore ha imposto che gli edifici di nuova costruzione debbano rispettare trasmittanza termiche comprensive di ponte termico.

#### Dispersioni parete isolata

Area disperdente A	A	110	110	m <sup>2</sup>
Trasmittanza parete U	U	0,23	0,23	W/m <sup>2</sup> K
Coefficiente dispersivo parete	H <sub>parete</sub>	25	25	W/K

#### Ponte termico balcone

Coefficiente lineare ponte termico	$\Psi_{e,tot}$	0,678	0,149	W/mK
Lunghezza ponte termico	l	15	15	m
Coefficienti dispersivo	H <sub>pt balcone</sub>	10,2	2,2	W/K

#### Ponte termico copertura

Coefficiente lineare ponte termico	$\Psi_{e,parete}$	0,315	0,074	W/mK
Lunghezza ponte termico	l	22	22	m
Coefficienti dispersivo	H <sub>pt copertura</sub>	6,9	1,6	W/K

#### Risultati

Coefficienti dispersivo somma dei pt	H <sub>ponti termici</sub>	17	4	W/K
Coefficiente dispersivo parete	H <sub>parete</sub>	25	25	W/K
Coefficienti dispersivo complessivo facciata	H <sub>tr</sub>	42	29	W/K
% di peso ponti termici		40%	13%	%
Superficie intervento	A	110	110	m <sup>2</sup>
U media di progetto	U <sub>media</sub>	0,39	0,27	W/m <sup>2</sup> K
Dispersioni annue	Q <sub>H, tr</sub>	2259	1554	kWh

*Riassunto delle valutazioni energetiche sulla facciata dell'edificio: la trasmittanza media senza correzione dei ponti termici è pari a 0.39 W/m<sup>2</sup>K e passa a 0.27 W/m<sup>2</sup>K con il taglio dei ponti termici per una riduzione delle dispersioni della facciata opaca del 30%*

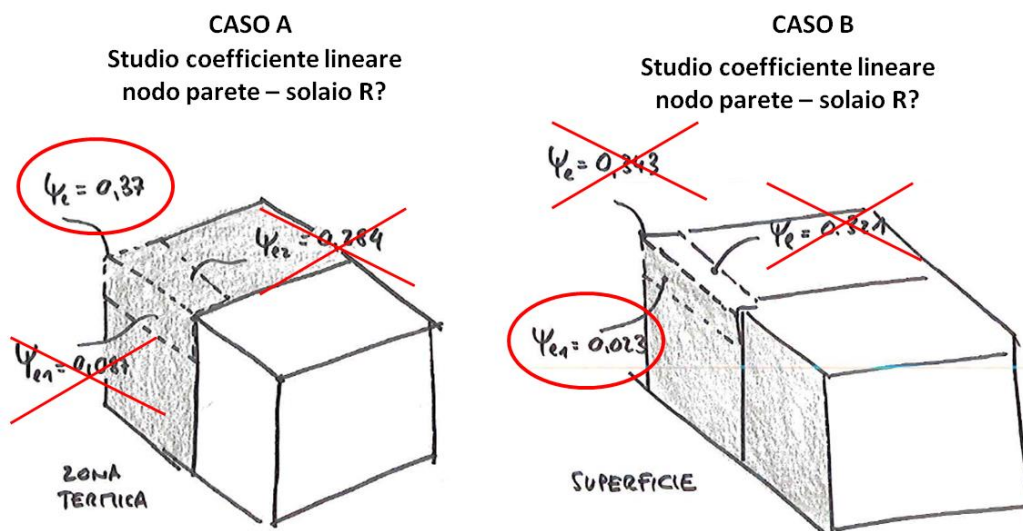
## 3.2 Ponderazione del coefficiente lineare

Il valore di un coefficiente lineare è sempre da considerare in relazione all'oggetto di studio che può essere una zona termica (ovvero un volume lordo riscaldato costituito da un insieme di superfici disperdenti) o una superficie a seconda degli ambiti di applicazione o dello scopo delle valutazioni da condurre. È importante infatti capire che il valore del coefficiente lineare è da usare al 100% solo in alcune situazioni. In alcuni casi è necessario valutare il valore "ponderato" sulla sola superficie di intervento.

Il riferimento normativo per capire come "ponderare" il ponte termico è presente nella norma UNI TS 11300-1 dedicata alla valutazione del fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale degli edifici. Viene indicata la via da seguire nel caso di ponti termici appartenenti a zone termiche differenti: *"Nel caso in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse, il valore di trasmittanza termica lineare, dedotto dalla UNI EN ISO 14683, deve essere ripartito in parti uguali tra le due zone interessate."* Questa via è corretta se il nodo è simmetrico rispetto ad un asse di taglio posto tra le due zone termiche; nel caso non vi sia simmetria, caso molto frequente in molti degli interventi di isolamento termico sugli edifici, è presente una nota che dice *"Nel caso in cui si effettui il calcolo analitico del ponte termico in base alla UN EN ISO 10211, anche la suddivisione dei flussi lineari attribuiti alle due zone termiche può derivare da calcolo analitico"*.

È chiaro quindi che la domanda da porsi in fase di modellazione iniziale è quale sia l'oggetto di studio. Nell'immagine sono descritti due situazioni tipiche:

**CASO A: unità immobiliare di nuova progettazione** con oggetto di studio l'intera "zona termica" ai fini del rispetto dei requisiti energetici di fabbisogno e di redazione dell'attestato di prestazione energetica. La "zona termica" è costituita da un insieme di superfici (in grigio) e quando si studia l'influenza del ponte termico tra parete e solaio di copertura il valore di  $\psi_e = 0.37$  W/mK è considerato al 100%.



**Caso B: edificio esistente** costituito da due unità immobiliari **oggetto di riqualificazione energetica** con isolamento della facciata. La "superficie" di parete oggetto intervento di isolamento (in grigio) ha un valore di coefficiente lineare del ponte termico tra parete e solaio ponderato di  $\psi_{e1} = 0.023$  W/mK molto inferiore al valore complessivo comprensivo anche dalla superficie di copertura pari a  $\psi_e = 0.343$  W/mK.

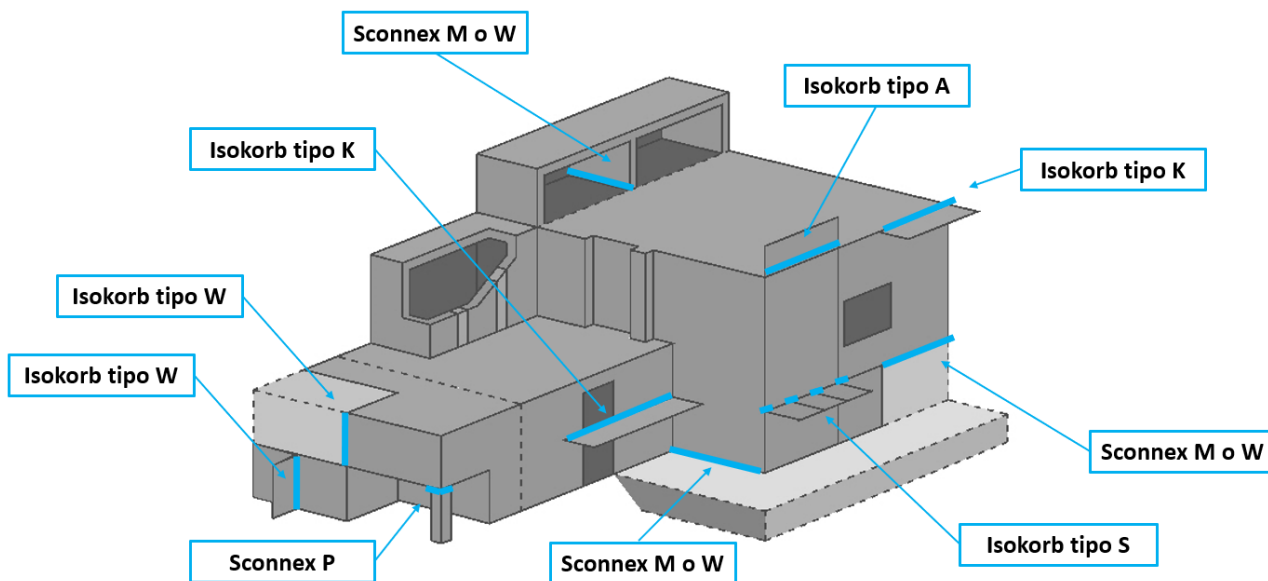
La ponderazione dei ponti è un argomento molto importante per la valutazione dei valori di  $U_{media}$  e  $H'_T$  per gli interventi di isolamento su edifici esistenti e per la corretta valutazione del fabbisogno sul nuovo.

## 4 ELEMENTI A TAGLIO TERMICO LINEARE E PUNTUALE

### 4.1 Possibili nodi in cui inserire elementi a taglio termico

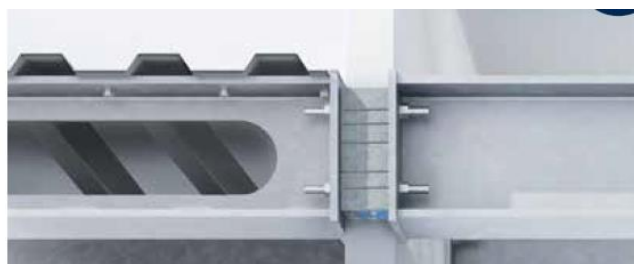
Negli edifici realizzati con struttura portante in cemento armato sono presenti molti potenziali nodi ad elevata dispersione energetica, se non progettati valutando accuratamente la correzione del ponte termico.

L'immagine mostra i principali nodi disperdenti delle strutture in c.a. che oggi sono già risolvibili utilizzando elementi a taglio termico progettati e realizzati ad hoc.



Tipologia di elementi a taglio termico per ponti termici di Schöck

Sul mercato sono presenti anche prodotti che propongono soluzioni di taglio termico per strutture in acciaio e per strutture miste acciaio/cemento armato come mostrate in figura.



Elemento a taglio termico per struttura acciaio/acciaio - Isokorb® T tipo S

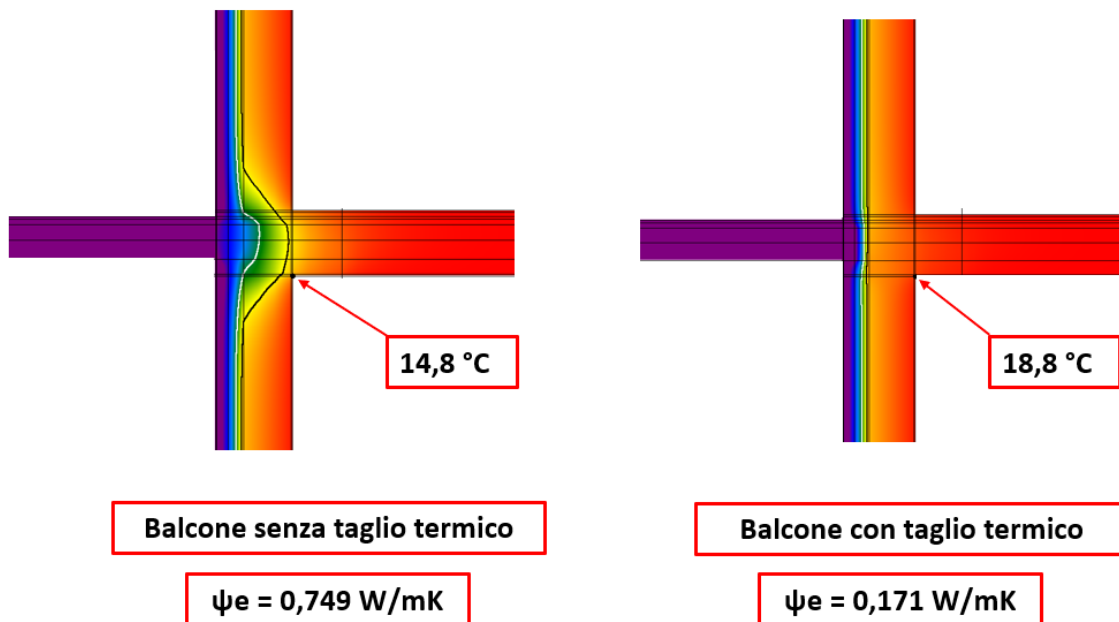


Elemento a taglio termico per struttura cemento armato/acciaio - Isokorb® T tipo SK

L'introduzione di elementi a taglio termico porta a due principali benefici tecnici: riduzione delle dispersioni energetiche da un lato, miglioramento del comportamento igrometrico dall'altro (minor rischio di muffa e condensazione superficiale).

Riprendendo l'esempio presentato al paragrafo [3.1] con identiche condizioni ambientali e geometriche si ottiene un risultato energetico ottimale: da un valore di progetto di coefficiente lineare senza taglio termico pari a  $\psi_e = 0.749 \text{ W/mK}$  si passa, grazie all'impiego del taglio termico, ad un valore di  $\psi_e = 0.171 \text{ W/mK}$ .

I risultati energetici ed igrotermici sono evidenti anche valutando la distribuzione di temperatura nel nodo come da immagini.

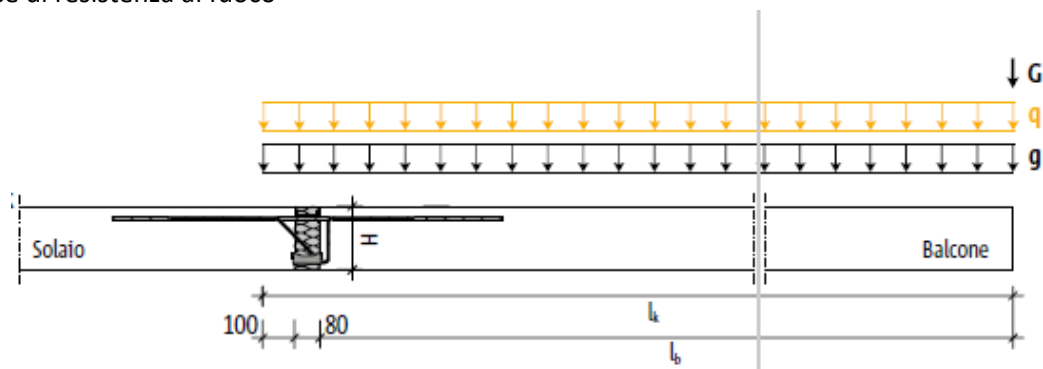


*Distribuzione di temperatura senza taglio termico (a sinistra) e con taglio termico (a destra)*

#### Commento:

La scelta del valore di conduttività da attribuire all'elemento di taglio termico non è banale. Il valore infatti dipende dalle indicazioni delle aziende produttrici di questi elementi ed è funzione di diversi parametri progettuali:

- altezza  $H$  della soletta da sostenere a mensola
- classe di portata dell'elemento di taglio termico determinata dal momento flettente e dal taglio sollecitanti all'incastro, a loro volta dipendenti da carichi e geometrie
- classe di resistenza al fuoco

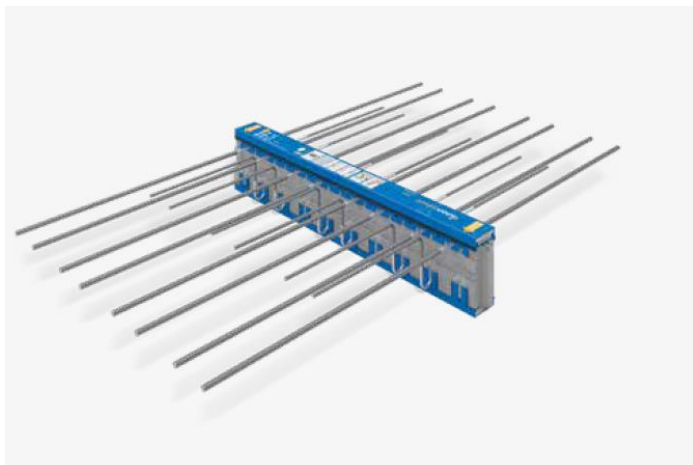


*Descrizione dei parametri progettuali su balcone a sbalzo per la scelta del componente del taglio termico*

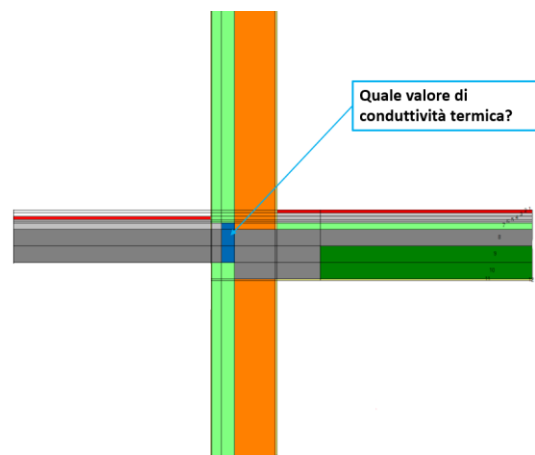


La gamma di prodotti è infatti molto ampia per rispondere alle diverse esigenze progettuali. Ad ogni elemento corrisponde una conduttività equivalente che riassume e normalizza i risultati agli elementi finiti 3D che tengono conto dell'influenza delle barre (dimensione, conduttività, posizione, numero, ecc.).

Si riporta un'immagine che mostra come modellare i suddetti elementi a taglio termico agli elementi finiti in un calcolo bidimensionale.



*Esempio di elemento a taglio termico*



*Modellazione geometrica e termica del nodo. Quale conduttività attribuire all'elemento di taglio termico nella valutazione bidimensionale?*

Una volta definite le caratteristiche progettuali statiche e di resistenza al fuoco, è possibile stabilire la conduttività equivalente con appositi abachi pre-calcolati. Nell'immagine è riportato un esempio di abaco per componente con valori di conduttività equivalente al variare dei parametri descritti.

**Classe di resistenza al fuoco R60**

T tipo KL	M1-V1		M2-V1		M3-V1		M4-V1		M5-V1		M6-V1	
H [mm]	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$	$R_{eq}$	$\lambda_{eq}$
160	0,909	0,088	0,853	0,094	0,810	0,099	0,668	0,120	0,641	0,125	0,547	0,146
170	0,946	0,085	0,897	0,089	0,845	0,095	0,706	0,113	0,672	0,119	0,580	0,138
180	0,982	0,081	0,932	0,086	0,887	0,090	0,736	0,109	0,707	0,113	0,606	0,132
190	1,016	0,079	0,966	0,083	0,920	0,087	0,765	0,105	0,736	0,109	0,632	0,127
200	1,049	0,076	0,998	0,080	0,952	0,084	0,794	0,101	0,764	0,105	0,657	0,122
210	1,081	0,074	1,029	0,078	0,982	0,081	0,822	0,097	0,791	0,101	0,682	0,117
220	1,112	0,072	1,081	0,074	1,012	0,079	0,849	0,094	0,817	0,098	0,712	0,112
230	1,141	0,070	1,089	0,073	1,041	0,077	0,883	0,091	0,843	0,095	0,736	0,109
240	1,170	0,068	1,117	0,072	1,068	0,075	0,909	0,088	0,868	0,092	0,759	0,105
250	1,209	0,066	1,144	0,070	1,095	0,073	0,934	0,086	0,901	0,089	0,781	0,102
260	1,236	0,065	1,170	0,068	1,121	0,071	0,958	0,084	0,925	0,087	0,803	0,100
270	1,262	0,063	1,207	0,066	1,146	0,070	0,982	0,081	0,948	0,084	0,825	0,097
280	1,287	0,062	1,232	0,065	1,171	0,068	1,005	0,080	0,971	0,082	0,846	0,095

*Abaco componente Isokorb® T tipo K*

## 4.2 Come può variare la conduttività al variare dei carichi?

L'esempio mostra come può cambiare il valore di conduttività per esempio al variare della lunghezza dello sbalzo.

Definiti i seguenti dati progettuali:

- altezza H della soletta da sostenere a mensola = 200 mm
- carico permanente (g) = 150 kg/m<sup>2</sup>
- carico accidentale (q) = 400 kg/m<sup>2</sup>
- carico di bordo (G) = 100 kg/m
- classe di reazione al fuoco R60

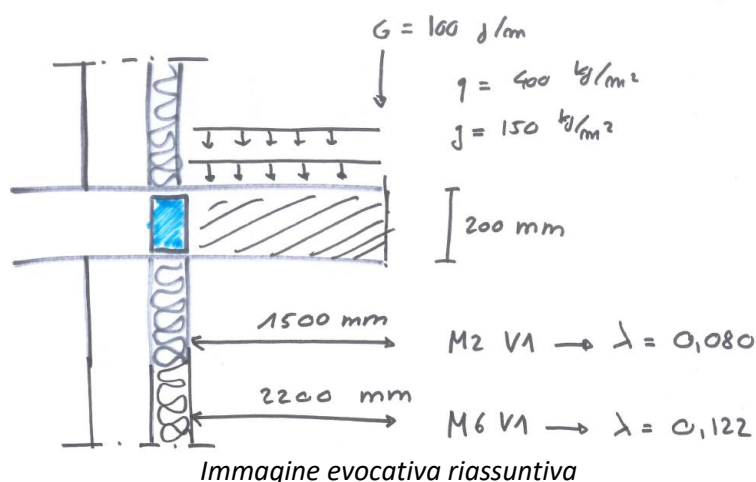
È possibile scegliere il componente idoneo a seconda della lunghezza dello sbalzo.

A titolo di esempio con un balcone a sbalzo di 1500 mm è necessario usare il componente con classe di portata M2-V1, mentre per uno sbalzo di 2200 mm, il componente con classe di portata M6-V1. Al variare del componente, varia la conduttività equivalente. Nel primo caso la conduttività ha un valore di 0.80 W/mK, nel secondo, più impegnativo dal punto di vista statico, un valore di 0.122 W/mK.

Classe di resistenza al fuoco R60

T tipo KL	M1-V1		M2-V1		M3-V1		M4-V1		M5-V1		M6-V1	
H [mm]	R <sub>eq</sub>	λ <sub>eq</sub>	R <sub>eq</sub>	λ <sub>eq</sub>	R <sub>eq</sub>	λ <sub>eq</sub>	R <sub>eq</sub>	λ <sub>eq</sub>	R <sub>eq</sub>	λ <sub>eq</sub>	R <sub>eq</sub>	λ <sub>eq</sub>
160	0,909	0,088	0,853	0,094	0,810	0,099	0,668	0,120	0,641	0,125	0,547	0,146
170	0,946	0,085	0,897	0,089	0,845	0,095	0,706	0,113	0,672	0,119	0,580	0,138
180	0,982	0,081	0,932	0,086	0,887	0,090	0,736	0,109	0,707	0,113	0,606	0,132
190	1,016	0,079	0,966	0,083	0,920	0,087	0,765	0,105	0,736	0,109	0,632	0,127
200	1,049	0,076	0,998	0,080	0,952	0,084	0,794	0,101	0,764	0,105	0,657	0,122
210	1,081	0,074	1,029	0,078	0,982	0,081	0,822	0,097	0,791	0,101	0,682	0,117
220	1,112	0,072	1,081	0,074	1,012	0,079	0,849	0,094	0,817	0,098	0,712	0,112
230	1,141	0,070	1,089	0,073	1,041	0,077	0,883	0,091	0,843	0,095	0,736	0,109
240	1,170	0,068	1,117	0,072	1,068	0,075	0,909	0,088	0,868	0,092	0,759	0,105
250	1,209	0,066	1,144	0,070	1,095	0,073	0,934	0,086	0,901	0,089	0,781	0,102
260	1,236	0,065	1,170	0,068	1,121	0,071	0,958	0,084	0,925	0,087	0,803	0,100
270	1,262	0,063	1,207	0,066	1,146	0,070	0,982	0,081	0,948	0,084	0,825	0,097
280	1,287	0,062	1,232	0,065	1,171	0,068	1,005	0,080	0,971	0,082	0,846	0,095

Esempio di individuazione della conduttività al variare del componente



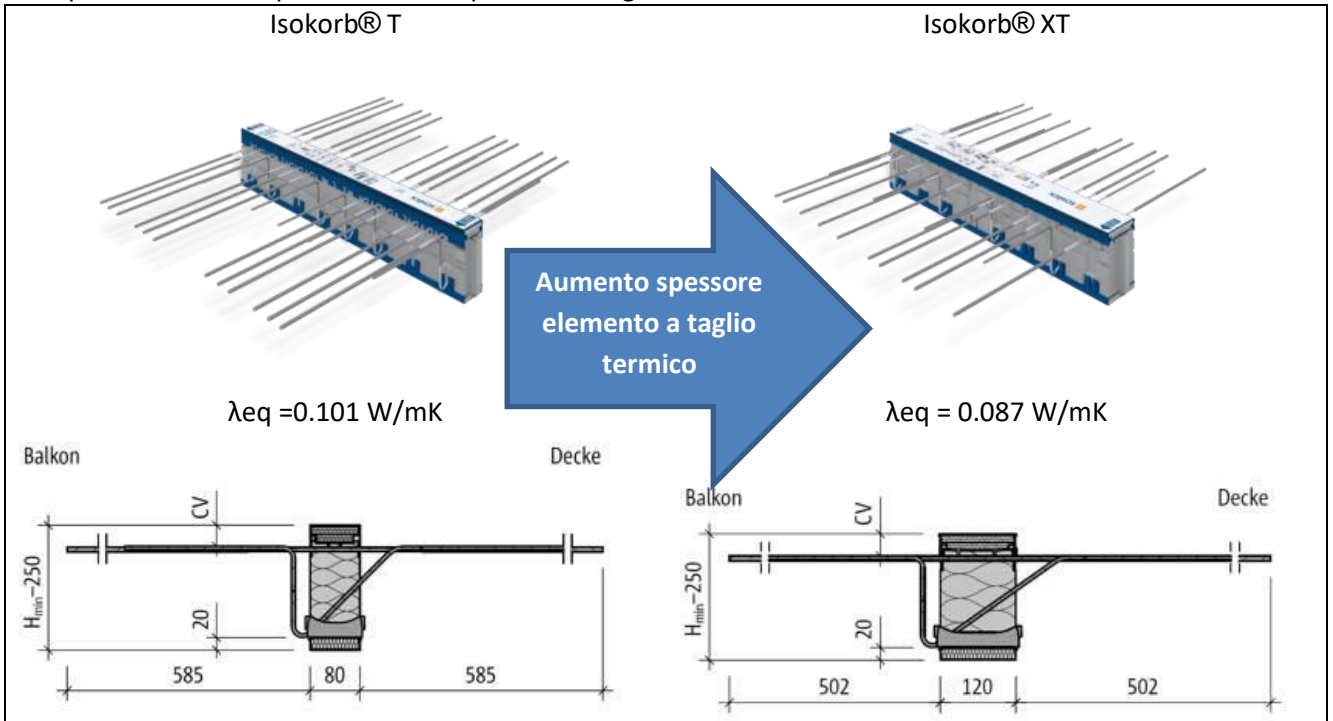
Individuata la conduttività, si procede nella valutazione agli elementi finiti del nodo bidimensionale valutando il coefficiente lineare complessivo che nelle due configurazioni avrà valori differenti.



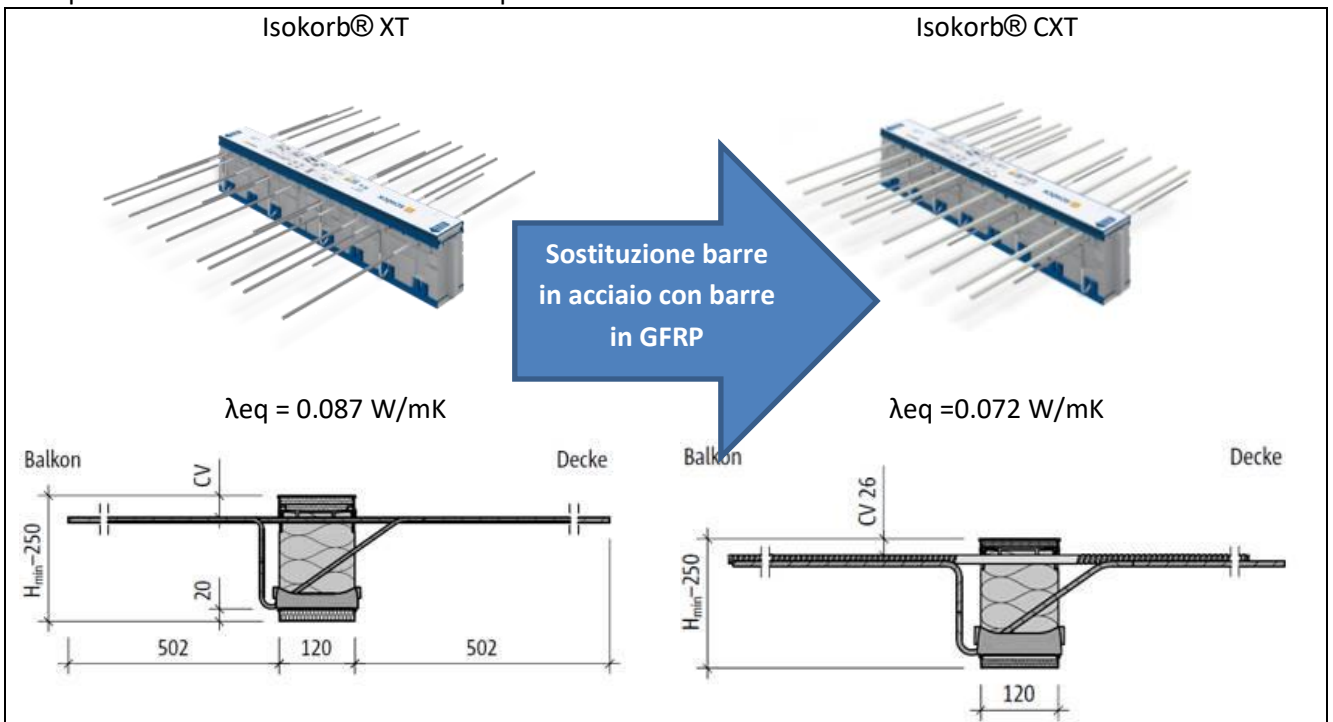
Nel caso di progettazioni in condizioni climatiche più severe o con obiettivi energetici più alti, sono possibili due vie per ridurre ulteriormente la conduttività migliorando l'efficacia del taglio termico a parità di ipotesi progettuali:

- aumentare lo spessore del componente a taglio termico
- cambiare il tipo di materiale utilizzato per le barre, passando a barre realizzate in GFRP (vetroresina)

Esempio di cambio di spessore del componente a taglio termico:



Esempio di cambio di materiale utilizzato per le barre:



## 5 SOLUZIONI PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO

Per aiutare il progettista nella comprensione delle possibilità di correzione dei ponti termici si presentano alcuni **nodii tipici** mostrando i differenti risultati energetici e igrometrici al variare delle soluzioni di correzione proposte. Gli esempi sono valutati con una stratigrafia in laterizio e con isolamento dall'esterno dimensionato per il rispetto di incentivi e requisiti minimi (ex-L10) in zona E. Le valutazioni condotte sono rigorose ma non esaustive.

I calcoli sono stati realizzati con il software agli elementi finiti distribuito agli associati IRIS.

Gli elementi a taglio termico di Schöck sono importabili con il proprio valore di conduttività equivalente nella banca dati del software e individuati come tipo di materiale "CPT – correzione ponte termico" con i passaggi mostrati in figura.

Struttura	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Struttura 1	0,405	0,200
Struttura 2	0,340	1,281
Struttura 3	0,405	0,200

Descrizione	Densità [kg/m³]	Conduttività [W/mK]	Calore specifico [kJ/kgK]	Fattore resistenza vapore
4317 K10S-CV30-V8-H160-R0	30,00	0,087	0,35	60
4318 K10S-CV30-V8-H170-R0	30,00	0,084	0,35	60
4319 K10S-CV30-V8-H180-R0	30,00	0,081	0,35	60
4320 K10S-CV30-V8-H190-R0	30,00	0,078	0,35	60
4321 K10S-CV30-V8-H200-R0	30,00	0,076	0,35	60
4322 K10S-CV30-V8-H210-R0	30,00	0,074	0,35	60
4323 K10S-CV30-V8-H220-R0	30,00	0,072	0,35	60
4324 K10S-CV30-V8-H230-R0	30,00	0,071	0,35	60

Estratto schermata di IRIS con scelta degli elementi a taglio termico

Per gli esempi sono state impiegate le seguenti condizioni.

### Condizioni ambientali

- zona climatica E con temperatura dell'aria esterna pari a  $T_{ae} = 0 \text{ °C}$
- destinazione d'uso residenziale con temperatura dell'aria interna pari a  $T_{ai} = 20 \text{ °C}$
- umidità relativa interna per valutazione rischio formazione muffa  $UR_{ai} = 60\%$

### Tipologia di strutture

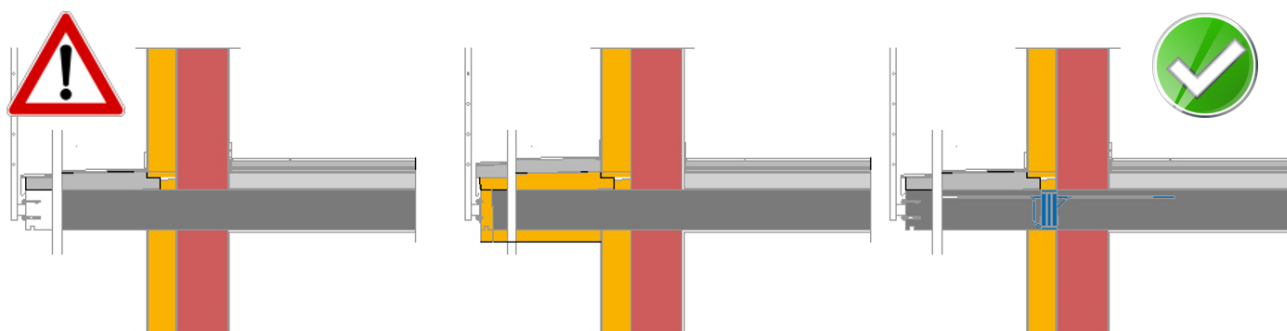
- struttura portante con solette e cordoli in cemento armato di spessore 20 cm con  $\lambda = 2.50 \text{ W/mK}$
- stratigrafia di parete con laterizio alveolato di 25 cm e 15 cm di isolamento a cappotto per una trasmittanza termica complessiva pari a  $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- stratigrafia di copertura con 14 cm di isolamento per una trasmittanza termica complessiva pari a  $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$
- elementi a taglio termico con  $\lambda_{eq}$  indicato nelle specifiche schede
- isolante per impacchettare con conduttività termica dichiarata  $\lambda_D = 0.034 \text{ W/mK}$  da 5 cm
- coefficienti liminari interni  $0.25 / 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Condizioni di rischio

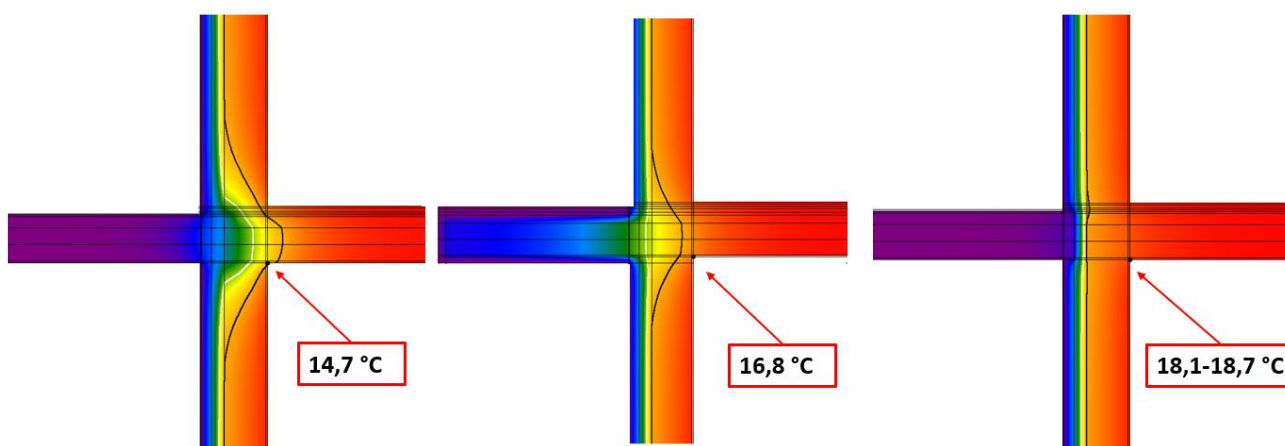
- temperatura di rischio di formazione muffa da UNI EN 13788 (limite di legge)  $T_{lim,muffa} = 15.4 \text{ °C}$
- temperatura di rischio da protocollo Casaklima senza VMC  $T_{lim} = 17,0 \text{ °C}$

## 5.1 Nodo balcone a sbalzo con Isokorb® tipo K

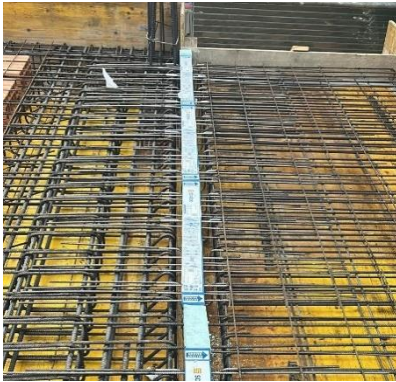
Il nodo rappresentato è caratteristico degli edifici con struttura portante in cemento armato e tamponatura in laterizio con sistema di isolamento dall'esterno a cappotto. Sono valutate tre soluzioni descritte in figura dove è evidenziato il materiale isolante in giallo e in blu l'elemento a taglio termico.



Ponte termico di balcone <b>senza correzione</b>	Correzione del ponte termico con "impacchettamento" dell'elemento in c.a.	<b>Taglio del ponte termico con elemento dedicato Isokorb® T</b>
--	---	--



	Senza correzione	Correzione con impacchettamento	Taglio del ponte termico con Isokorb®		
			T	XT	CXT
			8	12	12
			Spessore cm		
			0.101	0.087	0.072
			Conduktività eq. W/mK		
Assenza del rischio di formazione di muffa					
$\psi_e$ [W/mK]	0,750	0,374	0,159	0,084	0,067
Riduzione $\psi_e$ del		50%	79%	89%	91%
Q [W]	26,4	19,0	14,5	13,0	12,7
Riduzione Q del		28%	45%	51%	52%



Per il balcone “impacchettato” è importante ricordare che il comportamento mostrato può essere peggiore in assenza di correzione laterale e di parapetto il cui ancoraggio interrompe la continuità del materiale. Il nodo può essere realizzato e calcolato con esiti simili anche in presenza di blocchi in laterizio termoisolante, blocchi in calcestruzzo aerato autoclavato, pareti in c.a. con cappotto o realizzate mediante l’ausilio di cassaforme termiche a rimanere.

Anche il solaio interno può essere di varie tipologie: monodirezionale realizzato in opera o con lastre prefabbricate, a piastra piena o alleggerita, in acciaio o legno con cappa in c.a., ecc.

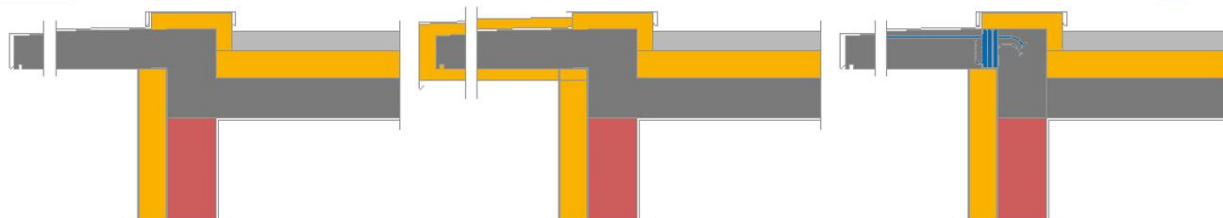
Per la soletta esterna è anche possibile utilizzare fondocasseri prefabbricati o elementi di alleggerimento

### Altri vantaggi

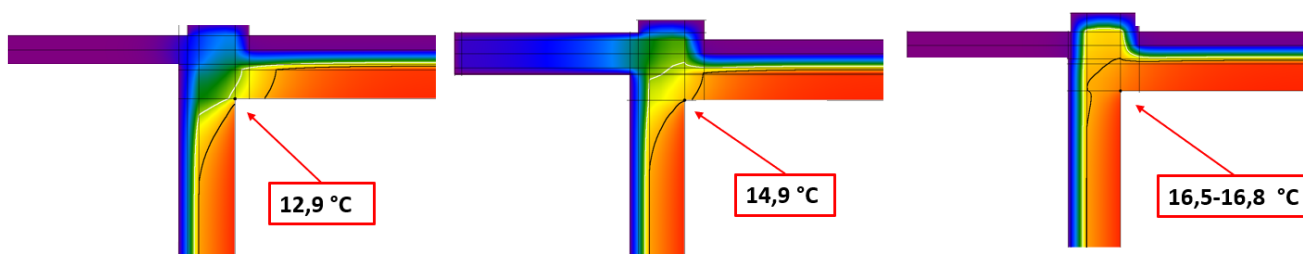
- **Balconi più sottili:** l’estetica migliora senza l’impacchettamento con isolante, ed è anche possibile lasciare il calcestruzzo a vista. Utilizzando la versione con salto di quota non è più necessario riportarsi in quota con altro isolante o con uno spessore eccessivo di massetto delle pendenze
- **Facilità di installazione:** l’elemento a taglio termico si posa agilmente grazie alla conformazione delle barre
- **Velocità:** il balcone viene terminato più in fretta e ciò permette di rimuovere prima i ponteggi
- **Isolamento acustico:** gli elementi sono certificati anche per la riduzione del rumore da calpestio
- **Semplificazione dettagli costruttivi:** si necessita di meno accessori e lavorazioni per la posa di elementi quali ringhiere, parapetti, gronde e scossaline, potendosi fissare direttamente sulla soletta in c.a. senza dover attraversare gli strati di isolante
- **Impermeabilizzazione più efficace:** le guaine possono essere applicate direttamente sul calcestruzzo senza elementi intermedi
- **Minore manutenzione:** la semplicità del nodo e l’assenza di altri isolamenti migliora la durata e la facilità di manutenzione garantendo le prestazioni termiche e strutturali nel tempo
- **Libertà progettuale:** vi è una gamma molto ampia di soluzioni, con o senza salto di quota, lineari o puntuali, per balconi in calcestruzzo realizzati in opera o prefabbricati, per balconi in acciaio o in legno, a sbalzo o in appoggio
- **Tutela ambientale:** gli elementi sono dotati di Dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) e riducono le dispersioni di calore e l’utilizzo di materiale isolante necessario per la risoluzione del ponte termico
- **Resistenza al fuoco:** fino a REI 120
- **Servizio a 360°:** consulenza e supporto tecnico del produttore
- **BIM:** disponibilità di elementi per i principali software di Building Information Modeling
- **Certificazioni:** marcatura CE, Valutazione Tecnica Europea (ETA)

## 5.2 Nodo aggetto di copertura a sbalzo con Isokorb® tipo K-O

Il nodo rappresentato è caratteristico degli edifici con struttura portante in cemento armato e tamponatura in laterizio con sistema di isolamento dall'esterno a cappotto. Sono valutate tre soluzioni descritte in figura dove in verde è evidenziato il materiale isolante e in blu l'elemento a taglio termico.



Ponte termico di copertura <b>senza correzione</b>	Correzione del ponte termico con "impacchettamento" dell'elemento in c.a.	<b>Taglio del ponte termico con elemento dedicato Isokorb® K</b>
--	---	--



	Senza correzione	Correzione con impacchettamento	Taglio del ponte termico con Isokorb®	
			T	XT
			8	12
			0,100	0,100
Spessore cm				
Conduktività eq. W/mK				
Assenza del rischio di formazione di muffa				
$\psi_e$ [W/mK]	0,563	0,291	0,114	0,070
Riduzione $\psi_e$ del		48%	80%	88%
Q [W]	24,1	18,6	15,2	14,3
Riduzione Q del		23%	37%	41%





Il nodo può essere realizzato e calcolato con esiti simili anche in presenza di blocchi in laterizio termoisolante, blocchi in calcestruzzo aerato autoclavato, pareti in c.a. con cappotto o realizzate mediante l'ausilio di cassaforme termiche a rimanere.

Anche il solaio di copertura può essere di varie tipologie: monodirezionale realizzato in opera o con lastre prefabbricate, a piastra piena o alleggerita, in acciaio o legno con cappa in c.a., ecc.

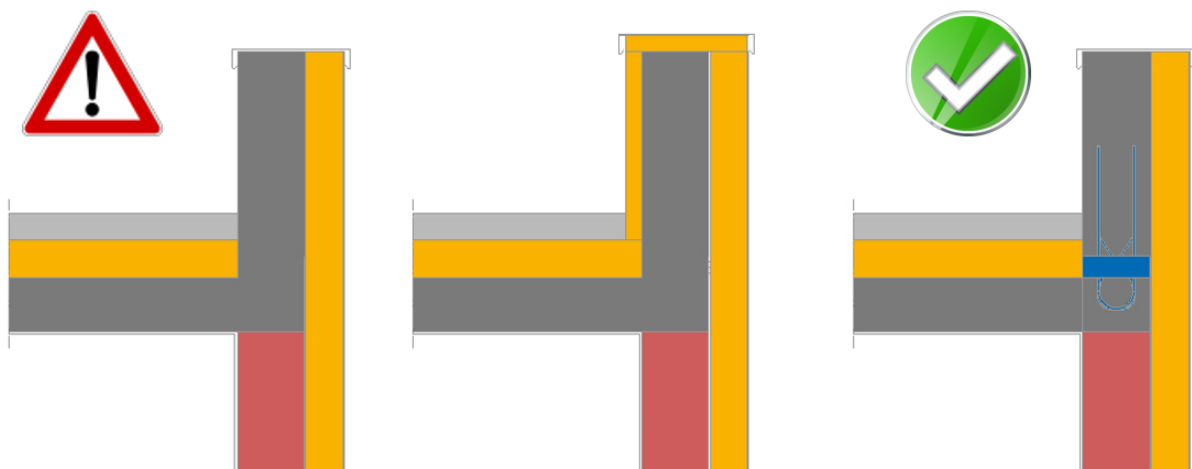
Per la soletta esterna è anche possibile utilizzare fondocasseri prefabbricati o elementi di alleggerimento

#### Altri vantaggi

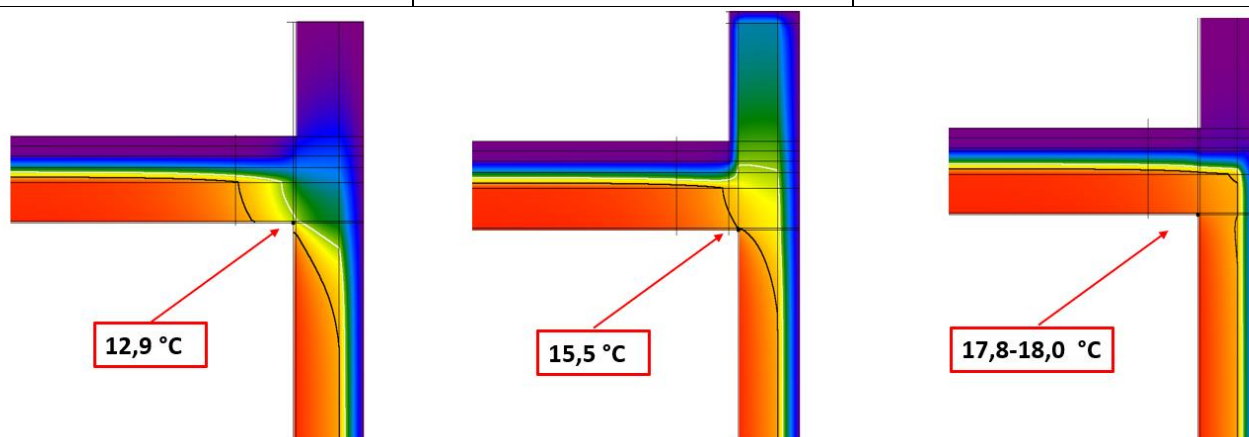
- **Aggetti più sottili:** l'estetica migliora senza l'impacchettamento con isolante, ed è anche possibile lasciare il calcestruzzo a vista. Utilizzando la versione con salto di quota non è più necessaria la veletta di contenimento
- **Velocità:** l'aggetto viene terminato più in fretta e ciò permette di rimuovere prima i ponteggi
- **Isolamento acustico:** gli elementi sono certificati anche per la riduzione del rumore da calpestio, molto utile nel caso di copertura a lastrico solare
- **Semplificazione dettagli costruttivi:** si necessita di meno accessori e lavorazioni per la posa di elementi quali ringhiere, parapetti, gronde e scossaline, potendosi fissare direttamente sulla soletta in c.a. senza dover attraversare gli strati di isolante
- **Impermeabilizzazione più efficace:** le guaine possono essere applicate direttamente sul calcestruzzo senza elementi intermedi
- **Minore manutenzione:** la semplicità del nodo e l'assenza di altri isolamenti migliora la durata e la facilità di manutenzione garantendo le prestazioni termiche e strutturali nel tempo
- **Libertà progettuale:** vi è una gamma molto ampia di soluzioni, con o senza salto di quota, lineari o puntuali, per elementi in calcestruzzo ma anche in acciaio o in legno, a sbalzo o in appoggio
- **Tutela ambientale:** gli elementi sono dotati di Dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) e riducono le dispersioni di calore e l'utilizzo di materiale isolante necessario per la risoluzione del ponte termico
- **Resistenza al fuoco:** fino a REI 120
- **Servizio a 360°:** consulenza e supporto tecnico del produttore
- **BIM:** disponibilità di elementi per i principali software di Building Information Modeling
- **Certificazioni:** marcatura CE, Valutazione Tecnica Europea (ETA)

### 5.3 Nodo parapetto con Isokorb® tipo A

Il nodo rappresentato è caratteristico degli edifici con struttura portante in cemento armato e tamponatura in laterizio con sistema di isolamento dall'esterno a cappotto. Sono valutate tre soluzioni descritte in figura dove in giallo è evidenziato il materiale isolante e in blu l'elemento a taglio termico.



Ponte termico <b>senza correzione</b>	Correzione del ponte termico con "impacchettamento" dell'elemento in c.a.	<b>Taglio del ponte termico</b> con elemento dedicato <b>Isokorb®</b>
---------------------------------------	---	---



	Senza correzione	Correzione con impacchettamento	Taglio del ponte termico con Isokorb® A		
			T	XT	
			Spessore cm	8	12
			Conduttività eq. W/mK	0,108 (0.024)	0,083 (0.024)
Assenza del rischio di formazione di muffa					
$\psi_e$ [W/mK]	0,613	0,256	-0,030	-0,052	
Riduzione $\psi_e$ del		58%	105%	108%	
Q [W]	26,1	18,9	13,3	12,8	
Riduzione Q del		28%	49%	51%	



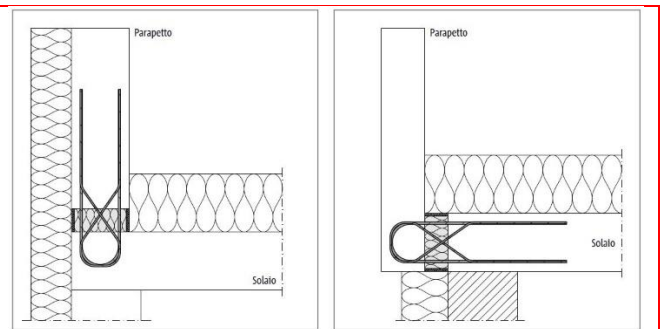
Il parapetto potrà essere realizzato in calcestruzzo armato, in opera o prefabbricato. Gli elementi a taglio termico sono puntuali e andranno disposti a interasse variabile secondo le sollecitazioni; tra un elemento e l'altro sarà sufficiente compensare con uno strato isolante di medesimo spessore.

### Altri vantaggi

- **Aumento superficie calpestabile:** gli elementi sono più sottili e pertanto aumenta lo spazio utile
- **Resistenza agli urti:** il parapetto è molto più robusto nei confronti degli urti accidentali poiché non è più necessario rivestirlo internamente con l'isolante
- **Sicurezza:** gli elementi sono dimensionati secondo normativa e impediscono la realizzazione di parapetti fai da te non certificati
- **Semplificazione dettagli costruttivi:** si necessita di meno accessori e lavorazioni per la posa di elementi quali gronde e scossaline, potendosi fissare direttamente sull'elemento in c.a. senza dover attraversare gli strati di isolante
- **Impermeabilizzazione più efficace:** le guaine possono essere risvoltate direttamente sul calcestruzzo senza elementi intermedi
- **Minore manutenzione:** la semplicità del nodo e l'assenza di altri isolamenti migliora la durata e la facilità di manutenzione garantendo le prestazioni termiche e strutturali nel tempo
- **Tutela ambientale:** gli elementi sono dotati di Dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) e riducono le dispersioni di calore e l'utilizzo di materiale isolante necessario per la risoluzione del ponte termico
- **Resistenza al fuoco:** fino a REI 120
- **Servizio a 360°:** consulenza e supporto tecnico del produttore
- **BIM:** disponibilità di elementi per i principali software di Building Information Modeling
- **Certificazioni:** marcatura CE, Valutazione Tecnica Europea (ETA)

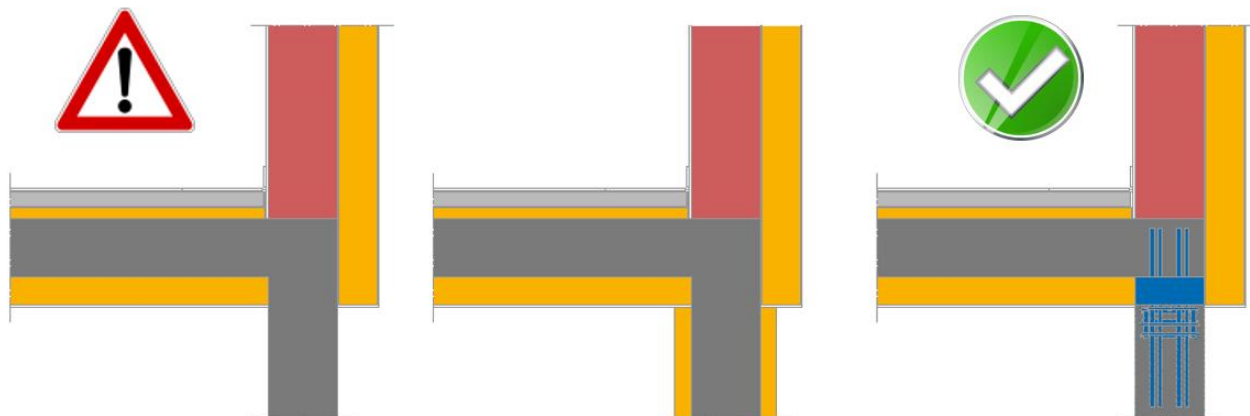
### NOTA BENE

Oltre al parapetto *sovrapposto* è anche possibile ruotare l'elemento a taglio termico per ottenere una configurazione alternativa con parapetto *anteposto* che permetta di evitare anche l'isolamento esterno in continuità

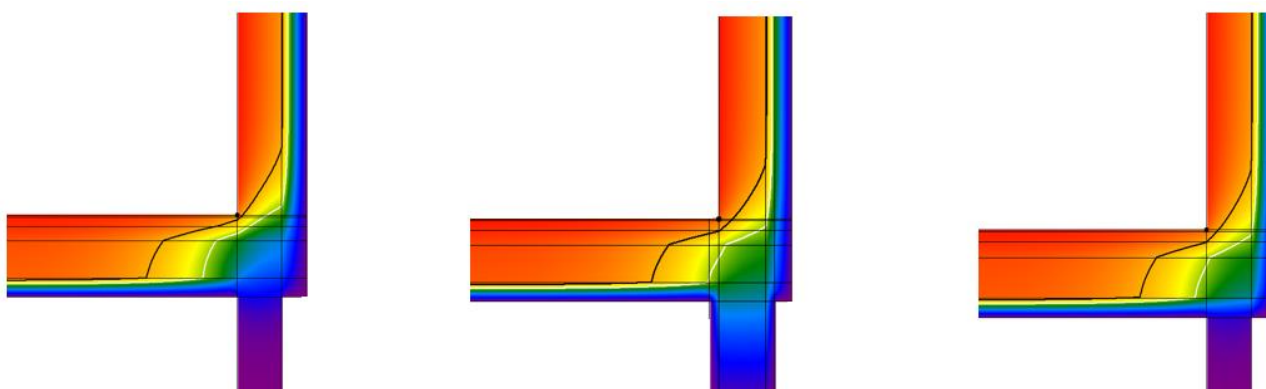




## 5.4 Nodo pilastro – solaio o parete-solaio con Sconnex®



Ponte termico <b>senza correzione</b>	Correzione del ponte termico con “ <b>impacchettamento</b> ” di 100 cm dell’elemento in c.a.	<b>Taglio del ponte termico</b> con elemento dedicato <b>Sconnex® P</b>
---------------------------------------	--	---



	Senza correzione	Correzione con impacchettamento (valutato di 1 metro)	Taglio del ponte termico con Sconnex®
Assenza del rischio di formazione di muffa			
X [W/K]	0.306	0,148	0.136
Riduzione $\psi_e$ del		52%	56%

La valutazione del coefficiente puntuale del ponte termico dei pilastri è da realizzarsi con valutazioni tridimensionali come quelle riportate in tabella.

Le sezioni con l’andamento delle temperature sono invece ricavate da valutazioni bidimensionali con lo scopo di mostrare l’impatto delle tre soluzioni.



© Marcus Schieder

La linea Sconnex® permette di separare termicamente i pilastri e le pareti dai solai e può essere utilizzata sia alla base che in sommità delle strutture in elevazione.

L'esempio oggetto di calcolo riguarda il nodo pilastro in c.a. - solaio con Sconnex® tipo P, ma la sezione è qualitativamente simile al nodo parete in c.a. - solaio con Sconnex® tipo W.

L'applicazione più tipica è quella in cui il livello di partenza dell'edificio è aperto o non riscaldato (parcheggi, garage, cantine, aree di passaggio, ecc.). In questo caso l'elemento a taglio termico andrà installato nella sommità delle pareti e dei pilastri in c.a. allineandolo con la coibentazione all'intradosso del solaio. Ciò permette di evitare il rivestimento isolante degli elementi verticali che normalmente è necessario per ridurre il ponte termico.

Per quanto riguarda le murature si potrà impiegare Sconnex® M, il blocco portante di zoccolatura a taglio termico che contrasta anche l'assorbimento di umidità e la risalita capillare



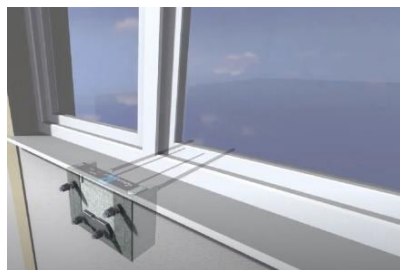
### Altri vantaggi

- **Aumento dello spazio disponibile:** pareti e pilastri sono più sottili perché privi di isolamento e pertanto aumenta lo spazio di manovra, aspetto particolarmente utile nei locali a uso garage
- **Resistenza agli urti:** in assenza di rivestimenti isolanti gli urti non causano danni particolari alla finitura
- **Risparmio sulle finiture:** non è necessario rifinire le strutture in c.a. che possono essere lasciate a vista
- **Minore manutenzione:** la semplicità del nodo e l'assenza di altri isolamenti migliora la durata e la facilità di manutenzione garantendo le prestazioni termiche e strutturali nel tempo
- **Tutela ambientale:** gli elementi riducono le dispersioni di calore e l'utilizzo di materiale isolante necessario per la risoluzione del ponte termico
- **Servizio a 360°:** consulenza e supporto tecnico del produttore
- **BIM:** disponibilità di elementi per i principali software di Building Information Modeling
- **Certificazioni:** omologazione DIBT (Deutsches Institut für Bautechnik) e certificazione Passive House Component dal Passivhaus Institut

## 5.5 Soluzioni per la riqualificazione di edifici esistenti

La riqualificazione del patrimonio edilizio merita un approfondimento a parte, in quanto il recupero degli immobili è intrinsecamente meno legato a soluzioni standard poiché occorre adattarsi di volta in volta alle caratteristiche dell'esistente. I balconi sono frequentemente interessati da modifiche o rifacimenti totali in quanto sono uno degli elementi più esposti e quindi spesso mostrano per primi i segni del degrado dei materiali. Inoltre nella maggior parte dei casi non è possibile risolvere adeguatamente il ponte termico se non attraverso la loro demolizione e successiva ricostruzione.

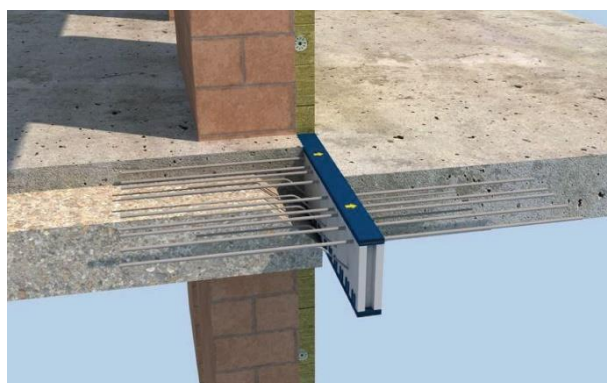
La gamma di soluzioni Isokorb® R affronta questo problema con elementi a taglio termico che possono essere inghisati alla struttura esistente ove siano presenti travi di bordo o cordoli sufficientemente profondi e resistenti. All'esterno potrà essere previsto un balcone a sbalzo o in appoggio, con struttura in acciaio o sempre in c.a.



In alternativa è possibile utilizzare la gamma Isokorb® S dedicata alle connessioni tra elementi in acciaio. In presenza di travi o cordoli in c.a., infatti, la piastra in acciaio al lato interno può essere fissata alla struttura esistente in c.a. mediante ancoranti idonei. In caso di muratura portante si può invece incassare una porzione di putrella all'interno della struttura esistente operando scassi localizzati.



Le due casistiche appena affrontate non prevedono l'interessamento degli ambienti interni. Nel caso in cui si potesse intervenire all'estradosso del solaio esistente con una cappa collaborante, oppure se venisse realizzata una fascia piena perimetrale mediante la demolizione di pignatte, è possibile prevedere un utilizzo ancora diverso di Isokorb® tipo S per gli elementi in acciaio fissando le putrelle all'interno del solaio oppure, come soluzione più comune e in genere privilegiata, utilizzando un "classico" Isokorb® tipo K andando ad annegare i ferri interni nella nuova cappa superiore o nella nuova fascia di bordo.



#### NOTA BENE

Per ridurre gli scassi sulla muratura e velocizzare le operazioni è possibile concentrare gli elementi a taglio termico in porzioni ben precise, localizzate soprattutto in corrispondenza degli accessi al terrazzo. Andrà tenuto in debito conto l'aumento delle sollecitazioni trasferite all'elemento di taglio termico che verrà dimensionato optando per classi di portata più elevate.



## 6 INDAGINI TERMOGRAFICHE IN CAMPO

Le indagini termografiche realizzate in condizioni idonee aiutano la comprensione del concetto di taglio del ponte termico. Nel corso dell'inverno 2022-2023 è stata realizzata una campagna di misura in campo raccogliendo immagini termografiche di prospetti di edifici realizzati con soluzioni a taglio termico.

Le indagini termografiche realizzate in accordo con la norma UNI EN 16714 da operatori termografici qualificati sono qualitative con eccitazione passiva. Le condizioni ambientali sono state di cielo coperto, temperatura dell'aria esterna compresa tra i 0-9 °C e assenza di vento e precipitazioni durante e prima della battuta termografica. L'IFOV della macchina termografica impiegata è idoneo all'individuazione di differenze di temperatura degli angoli in relazione alla distanza tra obiettivo e superficie.

### Immagini termografiche di facciate senza correzione dei ponti termici di balcone

Seguono alcuni esempi di facciate di edifici con strutture di parete isolate ma assenza di correzione dei ponti termici di balcone. Le immagini, anche se qualitative, evidenziano rilevanti differenze di temperatura tra spigoli e centro delle pareti. Ciò comporta una maggiore dispersione energetica e una temperatura superficiale interna inferiore. Le immagini sono rappresentative di edifici riscaldati all'interno e con temperature dell'aria esterna comprese tra 0 e 5 °C. **Le differenze di temperatura  $\Delta T$  tra spigoli e pareti isolate possono arrivare a superare i 2 °C e sono molto evidenti.** Il tutto è confermato da valutazioni agli elementi finiti.



*Esempi di facciate con assenza di correzione dei ponti termici. La soletta in c.a. del balcone è direttamente a contatto con l'esterno ed è fonte di elevata dispersione termica*

Emerge dalle immagini come la soletta del balcone o dell'aggetto di copertura siano oggetto di riscaldamento da dentro verso fuori con evidente spreco di energia.

### Immagini termografiche di facciate con taglio termico dei balconi

Seguono alcuni esempi di facciate di edifici con strutture di parete isolate e con taglio termico dei ponti termici di balcone realizzati con prodotti di Schöck Isokorb®. Le immagini, anche se qualitative, evidenziano ridotte o assenti differenze di temperatura tra spigoli e centro delle pareti.

Le immagini sono rappresentative di edifici riscaldati all'interno e con temperature dell'aria esterna comprese tra 5 e 9 °C. Le differenze di temperatura  $\Delta T$  tra spigoli e pareti isolate non superano il °C e sono poco evidenti. Rispetto alle immagini precedenti si evidenzia come non sia presente il fenomeno di "riscaldamento" della soletta dai balconi. Essi hanno infatti una temperatura uniforme che tende a essere simile a quella esterna dell'aria.



*Esempio di facciata con correzione dei ponti termici. La soletta in c.a. del balcone ha un elemento di taglio termico e quindi superficialmente la temperatura è omogenea ( $\Delta T < 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) come mostrato dai valori indicati nell'area circolare (massimo e minimo) - edificio realizzato a Milano – misure inverno 2022/23*



*Esempio di facciata con correzione dei ponti termici. La soletta in c.a. del balcone ha un elemento di taglio termico e quindi superficialmente la temperatura è omogenea ( $\Delta T < 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) come mostrato dai valori indicati dalla linea (massimo e minimo) - edificio realizzato a Milano – misure inverno 2022/23*



*Esempio di facciata con correzione dei ponti termici. La soletta in c.a. del balcone ha un elemento di taglio termico e quindi la soletta del balcone è alla temperatura dell'aria esterna - edificio realizzato a Milano – misure inverno 2022/23*

## CONTATTI

- ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico  
[www.anit.it](http://www.anit.it)  
[info@anit.it](mailto:info@anit.it)
- Schöck  
[www.Schöck.com](http://www.Schöck.com)  
[info-it@Schöck.com](mailto:info-it@Schöck.com)  
Telefono: +39 0473 055173

## BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Esposti, G. Galbusera, A. Panzeri, C. Salani, **Volume 4 – Muffa, condensa e ponti termici**, Ed. TEP srl, 2° ed. Gennaio 2014
- [2] R. Esposti, V. Raisa, **Volume 4 – Igrotermia e ponti termici**, Ed. TEP srl, ottobre 2009
- [3] A. Panzeri, **Ponderazione dei coefficienti lineari**. *Neo Eubios 61*. Ed. da TEP srl, settembre 2017
- [4] G. Galbusera, **Analisi del rischio di muffa e condensa: dalle verifiche di legge alla diagnosi strumentale**. *Neo Eubios 41*. Ed. da TEP srl, Settembre 2012
- [5] V. Erba, **La cura del dettaglio: i ponti termici**. *Neo Eubios 39*. Ed. da TEP srl, Marzo 2012
- [6] A. Panzeri, **Coefficiente lineico dei ponti termici**. *Neo Eubios 35*. Ed. da TEP srl, Marzo 2011
- [7] C. Salani, **Calcolo e verifica dei ponti termici con il software Iris**. *Neo Eubios 28*. Ed. da TEP srl, Giugno 2009
- [8] AAVV, **Catalogo Nodi Costruttivi**, Ed. Agenzia per L'Energia Alto Adige – CasaClima, marzo 2023
- [9] Pisthol, Rechenauer, Scheuerer, **Handbuch der Gebäudetechnik – Band 2**, Ed. Reguvis, agosto 2016
- [10] Willems, Häupl, Höfker, Homann, Kolzow, Maas, Nocke, Riese, **Lehrbuch der Bauphysik**, Ed. Springer Vieweg, febbraio 2017
- [11] **UNI EN ISO 14683:2008**, *Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento*
- [12] **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*
- [13] M.E. Ripamonti, F.C. Dolce, **Ponti termici – analisi e ipotesi risolutive**, Ed. Dario Flaccovio, 2011
- [14] **Direttiva tecnica nuovi edifici**, Agenzia per L'Energia Alto Adige – CasaClima, settembre 2017
- [15] **Direttiva tecnica edifici esistenti e risanamento**, Agenzia per L'Energia Alto Adige – CasaClima, settembre 2017
- [16] S. Mammi, **Atlante dei ponti termici – Isolamento dall'esterno**. *Volume 1*, Ed. da Dana sas, 1996
- [17] S. Mammi, **Atlante dei ponti termici – Isolamento dall'interno ed isolamento distribuito**. *Volume 2*, Ed. da TEP srl, 1996

# ANIT



ASSOCIAZIONE  
NAZIONALE  
PER L'ISOLAMENTO  
TERMICO E ACUSTICO

**ANIT**, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, ha tra gli obiettivi generali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone.

## ANIT

- diffonde la corretta informazione sull'isolamento termico e acustico degli edifici,
- promuove la normativa legislativa e tecnica,
- raccoglie, verifica e diffonde le informazioni scientifiche relative all'isolamento termico ed acustico,
- promuove ricerche e studi di carattere tecnico, normativo, economico e di mercato.

I soci **ANIT** si dividono nelle categorie

- **SOCI INDIVIDUALI**: Professionisti e studi di progettazione,
- **SOCI AZIENDA**: Produttori di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico,
- **SOCI ONORARI**: Enti pubblici e privati, Università e Scuole Edili, Ordini e Collegi professionali.

## STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono



Costante  
**aggiornamento sulle  
norme in vigore** con le  
GUIDE



I software per calcolare  
**tutti i parametri**  
energetici, igrotermici e  
acustici degli edifici



Servizio di  
**chiarimento tecnico**  
da parte dello Staff



Abbonamento alla rivista  
specializzata **Neo-Eubios**

[www.anit.it](http://www.anit.it)

[info@anit.it](mailto:info@anit.it)

Tel. 0289415126