

**POLITECNICO DI TORINO - Dottorato ITAC - XXV CICLO**

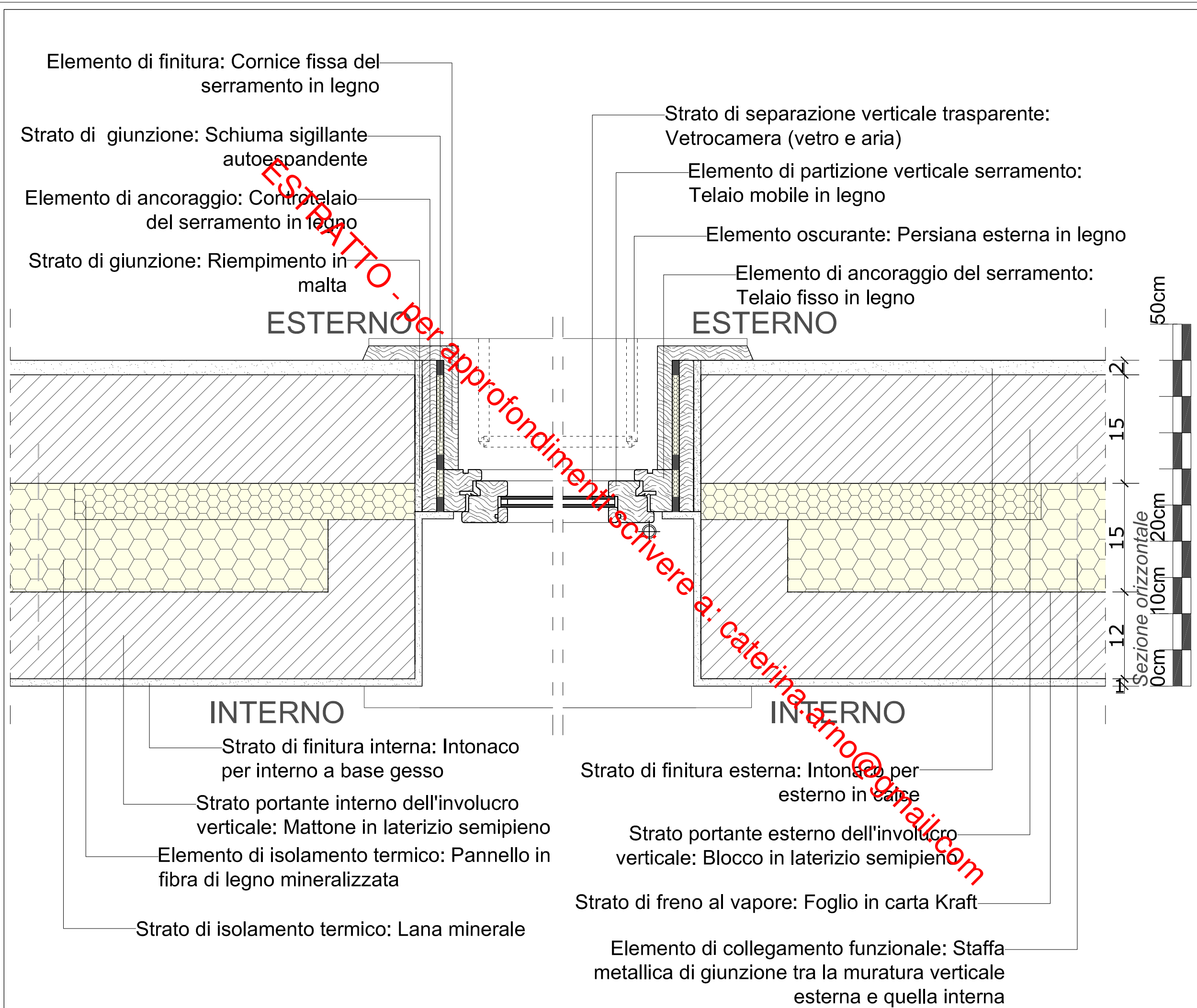
*Discontinuità dell'involucro edilizio e contenimento dei fabbisogni energetici. Strumento per l'ottimizzazione di soluzioni tecnico-costruttive.*

SCALA: 1:5

SOLUZIONE TECNICA DI DETTAGLIO:

Caterina Arnò

Wu.05-B parete con isolante intermedio \_ Wd.10-Bb parete con isolante intermedio



**POLITECNICO DI TORINO - Dottorato ITAC - XXV CICLO**

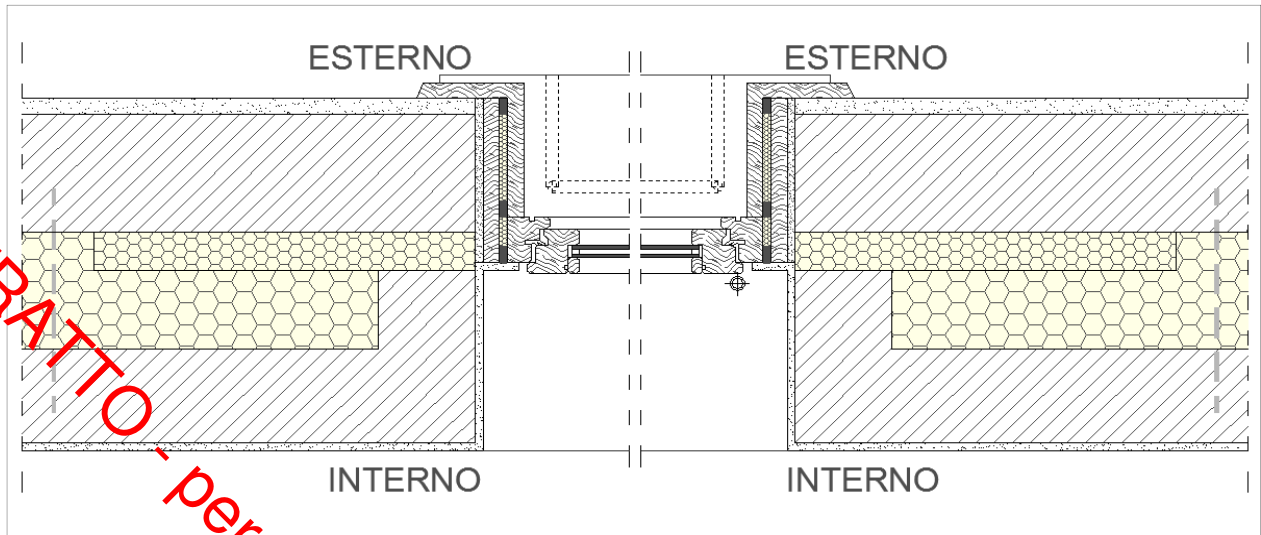
*Discontinuità dell'involucro edilizio e contenimento dei fabbisogni energetici. Strumento per l'ottimizzazione di soluzioni tecnico-costruttive.*

SCALA: 1:5

SOLUZIONE TECNICA DI DETTAGLIO:

**Wo.16-Bb parete con isolante intermedio**

## Wo.16-Bb parete con isolante intermedio



**NOTA 1:** Il dettaglio grafico proposto intende incicare la tipologia funzionale del nodo studiato. I riferimenti grafici hanno valenza indicativa e non esaustiva. Le caratteristiche dei materiali possono essere variate in base alle esigenze di calcolo.

**NOTA 2:** L'utente deve inserire i dati solo nelle caselle campite in grigio, i risultati vengono compilati in automatico ed i dati più sensibili sono evidenziati in grassetto.

N°	STRATIGRAFIA parete	spessore	lunghezza	larghezza	densità	cond. termica	peso	resist. termica
	Nome materiale	s	h	l	d	$\lambda$	p	r
		[m]	[m]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kg]	[m <sup>2</sup> K/W]
E	Rse							0,040
01	IntonacoCalce	0,020	3,00	1,00	1600	0,800	96,000	0,025
02	MattoneForato	0,200	3,00	1,00	1200	0,360	720,000	0,556
03	LanaDiRoccia	0,120	3,00	1,00	30	0,040	10,800	3,000
05	MattoneForato	0,150	3,00	1,00	1200	0,360	540,000	0,417
06	IntonacoCalceGesso	0,010	3,00	1,00	1000	0,700	45,000	0,014
I	Rsi							0,130
	Spessore totale - Sp	[m]	0,500					
	Volume - V	[m <sup>3</sup> ]	1,500					
	Massa totale - M	[kg]	1412					
	<b>Peso totale - P</b>	[N]	<b>13850</b>					
	Resistenza termica totale - R	[m <sup>2</sup> K/W]	4,182					
	<b>Trasmittanza termica totale - U</b>	[W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,239</b>					

**Wo.16-Bb parete con isolante intermedio**

Lunghezza equivalente - L	[m]	0,380
Conducibilità termica equivalente - C	[W/m <sup>2</sup> K]	1,012
<b>Conducibilità termica equivalente - λ<sub>eq</sub></b>	<b>[W/mK]</b>	<b>0,384</b>
Resistenza termica totale - R	[m <sup>2</sup> K/W]	4,182
<b>Trasmittanza termica telaio (da produttore) - U</b>	<b>[W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>2,11</b>

La larghezza del telaio (5 cm) è minore della larghezza dell'isolante (7 cm) : φ<sub>1</sub>=φ<sub>2</sub>=0

**Calcolo del coefficiente di trasmissione termica lineica secondo l'abaco Cened**

$$\Psi_E = \Psi_I = \frac{U_{TEL} \cdot 1.90}{3.60} (\Psi_2 - \Psi_1) + \Psi_1 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

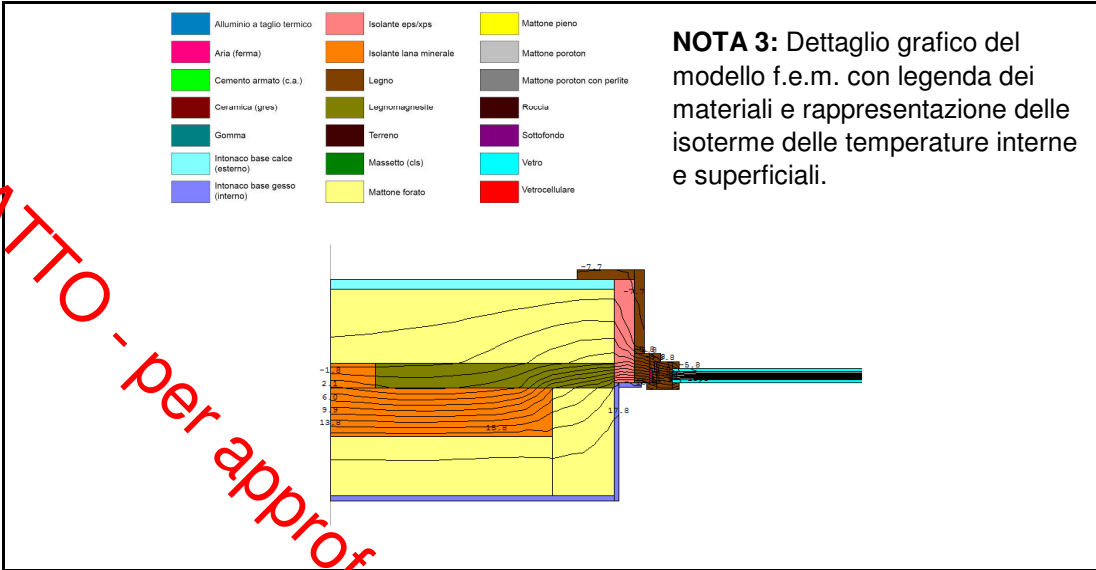
Campo di validità

$$1.9 \leq U_{TEL} \leq 5.5 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.17 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

**Trasmittanza termica lineica riferita a dimensioni esterne e interne - ψ<sub>e</sub>=ψ<sub>i</sub>** [W/mK] **0,06**

**Wo.16-Bb parete con isolante intermedio**

**Calcolo del coefficiente di trasmissione termica lineica con l'ausilio di un modello f.e.m. (Therm 6.3)**



$$F_{ideale} = \Delta T * \sum_i (L_{ie} * U_i) [W / m]$$

$$F_{reale} = \Delta T * L_e * U_{factor} [W / m]$$

$$L_{2D} = F_{reale} / \Delta T = L_e * U_{factor} [W / mK]$$

$$\Psi_e = L_{2D} - \sum_i (L_{ie} * U_i) = L_e * U_{factor} - \sum_i (L_{ie} * U_i) [W / mK]$$

**NOTA 4:** I parametri fisicotecnici utilizzati per il modello possono differire rispetto a quelli scelti per il calcolo con le formule dell'abaco Cened poiché quest'ultimo è valido solo in precisi campi di esistenza mentre il modello f.e.m. garantisce una maggiore versatilità.

**NOTA 5:** I calcoli sono riferiti alla sezione orizzontale dell'infisso trascurando il modello secondo la sezione verticale.

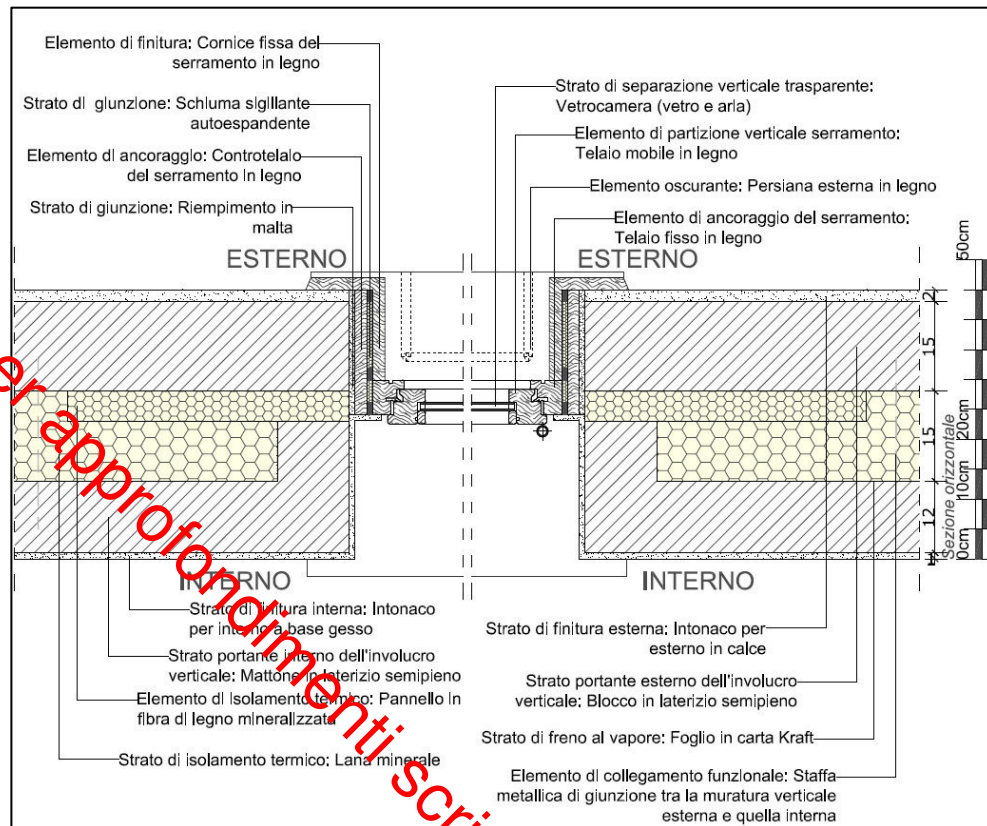
Di seguito si riporta il coefficiente calcolato rispetto al perimetro esterno d'involucro.

lunghezza esterna	delta termico	trasm.za termica ideale	flusso termico ideale	trasm.za termica globale	flusso termico reale	coeff. acc.mento termico	coeff. disp. termica lineica
$L_e$	$\Delta T$	$U_c$	$F_{ideale}$	$U_{factor}$	$F_{reale}$	$L_{2D}$	$\Psi_e$
[m]	[K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m]	[W/mK]	[W/mK]
<b>Coefficiente di dispersione termica del telaio in legno</b>							
0,06	28	2,1100	3,78	2,0405	3,657	57,13	0,00
<b>Coefficiente di dispersione termica della parete</b>							
0,81	28	0,2123	4,81	0,3165	7,169	8,86	0,08
<b>Coefficiente di dispersione termica globale</b>							
0,87	28	0,3514	8,59	0,4346	10,62	12,17	0,07

ESTRATTO - per approfondimenti scrivere a: caterina.arno@gmail.com



## \_Wo.16-Bb parete con isolante intermedio



NOTA: lo schema grafico riportato si riferisce alla sezione orizzontale del nodo tipologico presentato ma la scheda tipologica comprende anche le indicazioni per il nodo in sezione verticale con codice:

\_Wu.05-B\_ parete con isolante intermedio;

\_Wd.10-Bb parete con isolante intermedio.

## A. DESCRIZIONE

Nodo perimetrale esterno tra serramento e partizione opaca verticale. Nel dettaglio proposto la muratura è in laterizio semipieno tradizionale con isolante interposto in intercapedine. L'intercapedine se adeguatamente dimensionata, può ospitare uno spessore variabile di isolamento. Il livello minimo di coibentazione viene raggiunto dal primo strato, mentre il secondo può essere aggiunto nel caso in cui si intenda implementare le prestazioni termo-igrometriche. Gli elementi per l'isolamento termico differiscono per spessore e tipologia del materiale utilizzato, ma la continuità di separazione e d'isolamento termico tra interno ed esterno è garantita. Il disegno precedente evidenzia questa continuità con una campitura di colore giallo, utilizzata anche negli elaborati grafici.

Il serramento ha il telaio in legno e un vetrocamera con intercapedine di aria.



Figura A.1. prototipo di infisso in legno (porzione superiore)

## B. CLASSI ESIGENZIALI E REQUISITI

### 1. Classe Esigenziale: SICUREZZA

#### 1.1. Classe di Requisito: SICUREZZA DI STABILITÀ

La muratura interna e quella esterna sono rese solidali da zanche metalliche puntuali poste ad intervalli regolari al fine di garantirne un comportamento omogeneo e continuo.

##### 1.1.1. AFFIDABILITÀ

*Si intende l'attitudine a garantire, in condizioni di normale utilizzo, livelli prestazionali costanti nel tempo.*

Le caratteristiche prestazionali di capacità portante dovranno essere mantenute nel tempo. Si rimanda a note di posa e di manutenzione indicate dal progettista e dalle specifiche tecniche indicate dai produttori dei materiali utilizzati. L'utilizzo di tasselli e di zanche metalliche favorisce l'ancoraggio e il fissaggio delle tamponature agli elementi strutturali principali.

##### 1.1.2. RESISTENZA MECCANICA ALLE AZIONI DINAMICHE

*Si intende la capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni dinamiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.*

In riferimento alla vigente normativa antisismica il nodo strutturale deve prevedere sollecitazioni dinamiche garantendo le prestazioni previste dalla classe di utilizzo. Il nodo proposto riguarda partizioni esterne non portanti, in caso di sisma le sollecitazioni verranno assorbite dagli elementi portanti strutturali.

##### 1.1.3. RESISTENZA MECCANICA ALLE AZIONI STATICHE

*Si intende la capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni statiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.*

La muratura perimetrale si poggierà sugli elementi strutturali principali in continuità e complanarità rispetto al filo esterno.

La muratura perimetrale esterna dovrà avere elementi puntuali di ancoraggio con quella perimetrale interna al fine di garantire un comportamento solidale. Questi collegamenti potranno essere eseguiti tramite zancature metalliche e/o conci murari, con passo e densità specifici secondo la muratura e dalle caratteristiche dimensionali tipiche della parete in questione. Si rimanda alle prescrizioni tecniche riportate dal progettista nel disciplinare tecnico.

L'elemento trasversale di sostegno superiore (architrave) dovrà essere adeguatamente scelto in funzione della luce dell'apertura scelta.

### 1.2. Classe di Requisito: SICUREZZA AL FUOCO

Le prescrizioni fondamentali in materia di antincendio sono contenute nella normativa edilizia generale ovvero nelle norme edilizie regionali e nei decreti ministeriali. Valgono pertanto le specifiche condizioni richieste dalle singole normative in riferimento anche al tipo di utilizzo della struttura e alla destinazione d'uso dell'edificio.

#### 1.2.1. RESISTENZA AL FUOCO R

*Si intende la capacità durante un incendio di mantenere inalterate le proprie caratteristiche d'esercizio per un tempo limite utile alla messa in sicurezza degli occupanti.*

La classe di resistenza al fuoco base prevista è R30. In caso di particolari esigenze si rimanda comunque alle prescrizioni previste per quelle esigenze. A titolo di esempio per l'elemento evidenziato in figura, si possono prevedere un serramento con proprietà REI e per la muratura particolari protezioni tramite pitture o rivestimenti protettivi con materiali che soddisfino le prescrizioni di resistenza al fuoco e al calore pur



mantenendo, in condizioni di uso normali, le caratteristiche di capacità portante e di solidarietà con la struttura descritte in precedenza.

## 2. Classe Esigenziale: BENESSERE

### 2.1. Classe di Requisito: TERMOIGROMETRICO

#### 2.1.1. CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE SUPERFICIALE

*Si intende l'attitudine ad evitare la formazione di condensa sulla superficie degli elementi.*

La formazione di condensa superficiale può dare origine a muffe, causa di malattie respiratorie per gli occupanti. La muffa superficiale oltre a sgradevoli problemi estetici può anche influire sul degrado dei materiali delle finiture superficiali. La presenza di condensa è sintomo di un inadeguato comportamento termo-igrometrico dell'involucro edilizio.

Attraverso la simulazione con un software agli elementi finiti è stato verificato che nel punto più sfavorevole del nodo la temperatura superficiale fosse maggiore di quella di rugiada per le condizioni al contorno di progetto scelte per la simulazione.

La tabella seguente riassume i principali valori considerati e verificati.

Temperatura interna di progetto - $T_i$ [°C]	Temperatura esterna di progetto - $T_e$ [°C]	Umidità relativa interna - $\phi$ [%]	Temperatura di rugiada - $t_r$ [°C]	Temperatura superficiale interna (simulata) $t_{si}$ [°C]
20°	-8°	60%	12,0°	15,7°

#### 2.1.2. CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE INTERSTIZIALE

*Si intende l'attitudine ad evitare la formazione di acqua di condensa all'interno degli elementi.*

Il progettista in fase di progettazione deve verificare che durante tutta la stagione di riscaldamento non si formi condensa all'interno delle partizioni murarie. La formazione di condense può dare origine a fenomeni di degrado e ad un decadimento delle prestazioni fisico-tecniche degli elementi coinvolti.

I fenomeni di condensa dipendono principalmente dalle condizioni ambientali interne ed esterne specifiche di ogni singolo ambiente e dal contenuto di umidità dell'aria interna. Risulta necessario quindi considerare sia il corretto comportamento termoigrometrico della parete d'involucro, sia il buon funzionamento dell'impianto di riscaldamento. Se è previsto che quest'ultimo controlli anche l'umidità dell'aria oltre alla temperatura, si sottolinea l'importanza che questa venga mantenuta all'interno dei valori limite segnalati per evitare i suddetti fenomeni di condensa. L'integrazione progettuale impiantistica insieme a quella edilizia sono indispensabili per rispettare i limiti normativi e raggiungere il benessere ambientale desiderato.

#### 2.1.3. CONTROLLO DELL'INERZIA TERMICA

*Si intende l'attitudine ad attenuare entro opportuni valori l'ampiezza di oscillazione della temperatura e a ritardarne di una opportuna entità l'effetto.*

Sotto l'azione di fattori termici estivi, i componenti edilizi devono essere dotati di una sufficiente inerzia termica in modo da garantire, attraverso adeguati livelli di attenuazione e di sfasamento dell'onda termica, condizioni accettabili di benessere termico estivo.

#### 2.1.4. CONTROLLO DELL'ISOLAMENTO TERMICO

*Si intende la capacità di garantire adeguata resistenza al flusso di calore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere termico.*

Il parametro di riferimento per questo requisito è la trasmittanza termica areica o lineica in caso di ponte termico.

**Coefficiente di trasmissione termica lineica  $\psi_e$  [W/mK] secondo diversi metodi di calcolo**

Il coefficiente ricavato secondo le quattro modalità diverse non è del tutto attendibile poiché calcolato con metodologie e livelli di accuratezza differenti. Il confronto pertanto è indicativo ma non esaustivo.

Si ricorda che i calcoli secondo:

- UNI EN ISO 14683 ha un' accuratezza  $\pm 50\%$ ;
- abaci e manuali  $\pm 20\%$ ;
- numerici (modellazione elementi finiti)  $\pm 5\%$

UNI EN ISO 14683	ABACO CESTEC/CENED	ATLANTE EDILCLIMA	SOFTWARE THERM 6.3
0,00	0,14	0,01	0,07

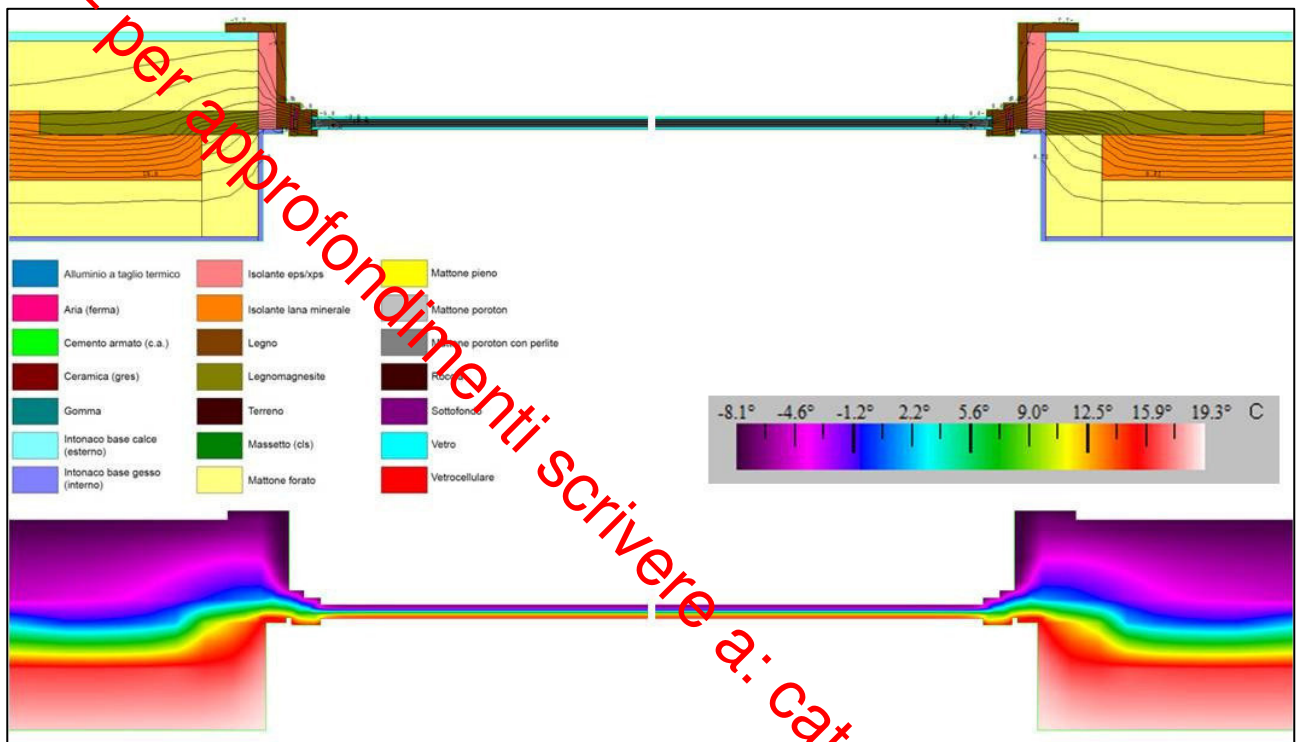


Figura B.1. simulazione termica con software agli elementi finiti (Therm 6.3)

## 2.2. Classe di Requisito: Acustico

### 2.2.1. ISOLAMENTO ACUSTICO

Si intende la capacità di garantire un'adeguata resistenza alle emissioni di rumore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere acustico.

L'isolamento acustico di facciata è garantito attraverso l'utilizzo di materiali con elevata inerzia acustica, particolare attenzione deve essere posta nella scelta dei serramenti.

### **3. Classe Esigenziale: INTEGRABILITÀ**

#### **3.1. Classe di Requisito: INTEGRABILITÀ DEGLI ELEMENTI TECNICI**

##### **3.1.1. INTEGRAZIONE DIMENSIONALE**

*Si intende la capacità di un elemento o di un componente di poter essere, in parte o totalmente, integrato dimensionalmente in un sistema già esistente onde garantirne prestazioni migliorate.*

Durante la fase progettuale il progettista dovrà indicare le specifiche tolleranze dimensionali per i singoli elementi costituenti il nodo; tali valori dovranno essere rispettati e controllati dalla D.L. in fase esecutiva.

Durante la fase di realizzazione il costruttore dovrà rispettare i limiti di tolleranza prescritti e rendere geometricamente congruenti le superfici, degli strati intermedi, al fine di agevolare la posa e l'ancoraggio dello strato o dell'elemento contiguo.

### **4. Classe Esigenziale: GESTIONE**

#### **4.1. Classe di Requisito: GESTIONE DI MANUTENIBILITÀ**

##### **4.1.1. RESISTENZA AL GELO E ALL'IRRAGGIAMENTO**

*Si intende la capacità di mantenere inalterate le proprie caratteristiche e non subire degrading o modifiche dimensionali funzionali a seguito della formazione di ghiaccio o di esposizione all'irraggiamento diretto.*

Si suggerisce l'utilizzo di una rete portaintonaco di rinforzo nelle zone di discontinuità materica o geometrica. La rete garantirà continuità e supporto all'intonaco e assorbirà eventuali dilatazioni e variazioni dimensionali fornendo maggiore elasticità all'intonaco. Il materiale proposto dovrà avere un coefficiente di dilatazione termica simile a quello degli strati di rivestimento di intonaco. Gli spessori rimangono comunque ridotti e si evitano fenomeni di degrado e distacco di porzioni di intonaco a causa degli stress termici indotti.

Per eventuali particolarità si rimanda a note di posa e di manutenzione indicate dal progettista e dalle specifiche tecniche indicate dai produttori dei materiali utilizzati.

Il sistema oscurante permette di attenuare gli effetti dell'irraggiamento sulle superfici interne e nella stagione invernale attenua le dispersioni termiche.

## C. INDICAZIONI DI POSA

Di seguito sono indicate le principali fasi per la realizzazione del nodo analizzato:

- 1) Posa dello strato esterno della muratura prestando particolare attenzione alla complanarità delle superfici murarie con quelle strutturali al fine di preparare le superfici alla posa del successivo strato di coibente. Realizzazione e predisposizione di collegamenti per la muratura interna che potranno essere eseguiti tramite zancature metalliche e/o conci murari, con passo e densità specifici secondo la muratura e dalle caratteristiche dimensionali tipiche della parete in questione. Si consiglia un rinforzo di malta sulla faccia interna del muro esterno al fine di garantire una maggiore stabilità muraria.
- 2) Posa e fissaggio dello strato di coibentazione verticale in intercapedine. Se il materiale isolante è in lastre o pannelli è necessario garantirne, durante la posa, la perfetta complanarità e continuità tra un modulo e l'altro. In caso di interruzioni puntuali della tessitura muraria per il passaggio di canali e/o impianti sarà necessario mantenere il più possibile la continuità di isolamento termico e acustico.
- 3) Posa e ancoraggio dello strato interno della muratura a quello esterno.
- 4) Posa e fissaggio del controtelaio del serramento, inserendo un elemento di separazione nella porzione inferiore come distanziale e separatore per i davanzali e le soglie. Il controtelaio in legno funge da cassero per la posa dell'intonaco esterno. Il fissaggio del controtelaio è garantito sia da un ancoraggio di tipo meccanico che dall'uso di schiume espandenti dal buon comportamento isolante, che sigillano e coibentano i vuoti interstiziali tra muratura e controtelaio.
- 5) Posa e fissaggio del davanzale o della soglia interna.
- 6) Posa ed ancoraggio del serramento comprensivo di telaio fisso e mobile in continuità con l'isolamento della parete.
- 7) Posa degli strati di finitura e rivestimento verticale delle superfici esterne. Particolare cura nel posare le soglie e i davanzali assicurando così la continuità geometrica con gli elementi del serramento attigui.
- 8) Posa degli strati di finitura e rivestimento verticale delle superfici interne. La realizzazione delle finiture esterna ed interna deve essere eseguita secondo le specifiche prescrizioni indicate dal progettista e dalla D.L. con particolare attenzione alla livellatura e a garantire i requisiti di resistenza alle dilatazioni termiche.

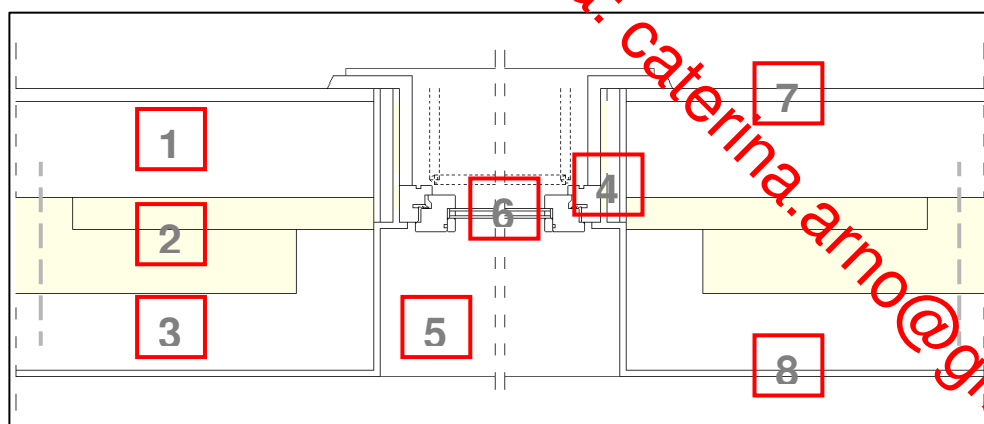
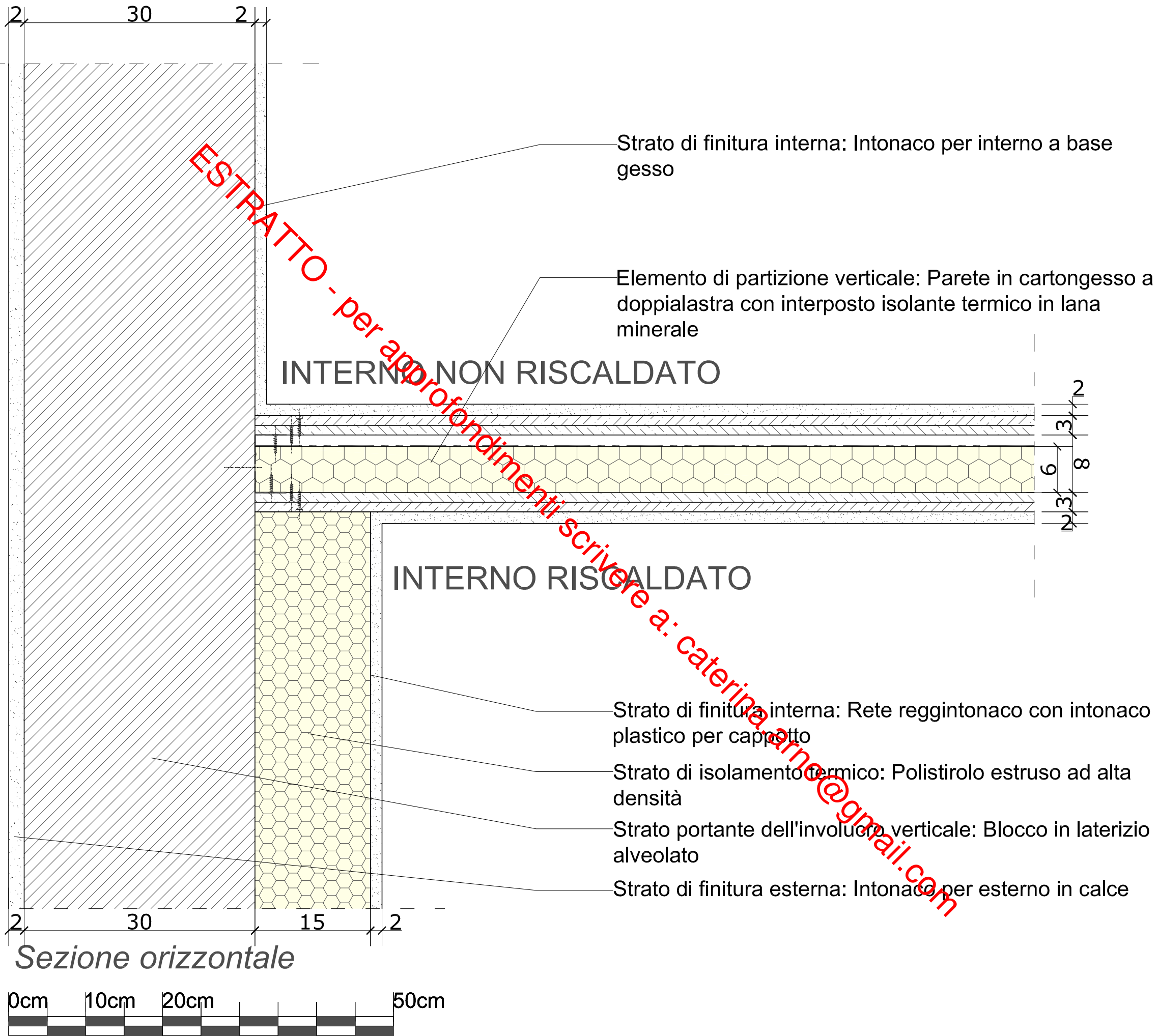


Figura C.1. indicazioni di posa

O Z R E - I S E E



**POLITECNICO DI TORINO - Dottorato ITAC - XXV CICLO**

*Discontinuità dell'involucro edilizio e contenimento dei fabbisogni energetici. Strumento per l'ottimizzazione di soluzioni tecnico-costruttive.*

SCALA: 1:5

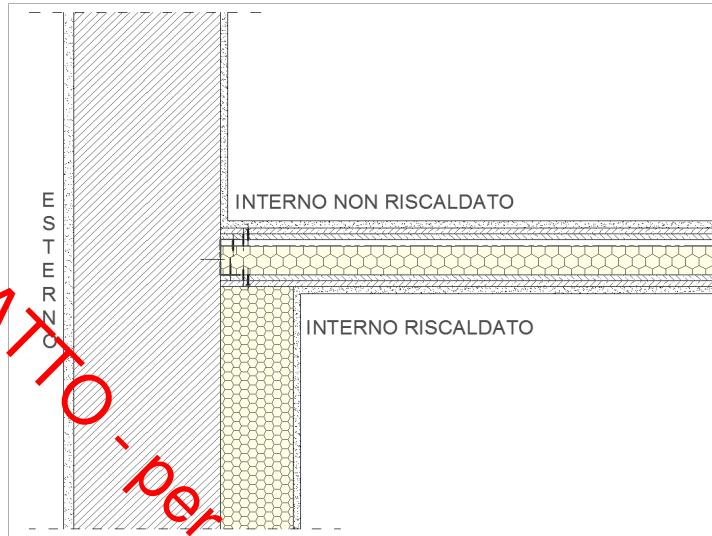
SOLUZIONE TECNICA DI DETTAGLIO:

IWo.12-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante interno

Caterina Arno



## IWo.12-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante interno



**NOTA 1:** Il dettaglio grafico proposto intende indicare la tipologia funzionale del nodo studiato. I riferimenti grafici hanno valenza indicativa e non esaustiva. Le singole caratteristiche dei materiali possono essere variate in base alle specifiche esigenze di calcolo.

**NOTA 2:** L'utente deve inserire i dati solo nelle caselle campite in grigio, i risultati vengono compilati in automatico ed i dati più sensibili sono evidenziati in grassetto.

N°	STRATIGRAFIA parete	spessore	lunghezza	larghezza	densità	cond. termica	peso	resist. termica
	Nome materiale	s	h	l	d	$\lambda$	p	r
		[m]	[m]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kg]	[m <sup>2</sup> K/W]
E	Rse							0,040
01	IntonacoCalce	0,020	3,00	1,00	1600	0,800	96,000	0,025
02	MattoneForato	0,300	3,00	1,00	1200	0,360	1080,000	0,833
03	PolistireneEstrusoLastre	0,150	3,00	1,00	35	0,035	15,750	4,286
04	IntonacoCalceGesso	0,010	3,00	1,00	1500	0,700	45,000	0,014
I	Rsi							0,130
	Spessore totale - Sp	[m]	0,480					
	Volume - V	[m <sup>3</sup> ]	1,440					
	Massa totale - M	[kg]	1237					
	<b>Peso totale - P</b>	[N]	<b>12133</b>					
	Resistenza termica totale - R	[m <sup>2</sup> K/W]	5,328					
	<b>Trasmittanza termica totale - U</b>	[W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,188</b>					
	Lunghezza equivalente - L	[m]	0,330					
	Conducibilità termica equivalente - C	[W/m <sup>2</sup> K]	0,997					
	<b>Conducibilità termica equivalente - <math>\lambda_{eq}</math></b>	[W/mK]	<b>0,329</b>					

**IWo.12-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante interno**

N°	STRATIGRAFIA tramezzo	spessore	lunghezza	larghezza	densità	cond. termica	peso	resist. termica
	Nome materiale	s	h	l	d	$\lambda$	p	r
		[m]	[m]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kg]	[m <sup>2</sup> K/W]
NR	Rsi							0,130
01	IntonacoCalceGesso	0,010	3,00	1,00	1500	0,700	45,000	0,014
02	Cartongesso	0,025	3,00	1,00	900	0,210	67,500	0,119
03	LanaDiRoccia	0,080	1,00	1,00	30	0,040	2,400	2,000
04	Cartongesso	0,025	3,00	1,00	900	0,210	67,500	0,119
05	IntonacoCalceGesso	0,010	3,00	1,00	1500	0,700	45,000	0,014
I	Rsi							0,130
	Spessore totale - Sp	[m]	0,150					
	Resistenza termica totale - R	[m <sup>2</sup> K/W]	2,527					
	<b>Trasmittanza termica totale - U</b>	<b>[W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>0,396</b>					

**Calcolo del coefficiente di trasmissione termica lineica secondo l'abaco Cened**

Riferita alle dimensioni esterne

$$\psi_E = 0.105 \cdot U_{PAR} + 0.157 \cdot \lambda_{eq} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

Riferita alle dimensioni interne

$$\psi_I = (U_{PAR} + 0.105) \cdot U_{PAR} + 0.157 \cdot \lambda_{eq} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

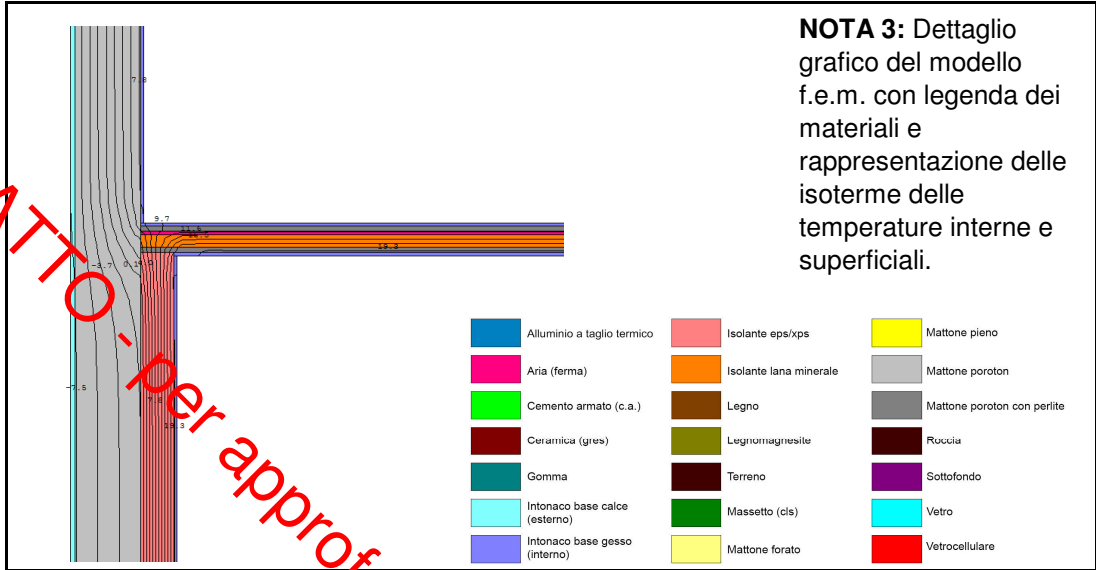
Campo di validità

$$0.17 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

Trasmittanza termica lineica riferita a dimensioni esterne -  $\psi_E$  [W/mK] 0,07Trasmittanza termica lineica riferita a dimensioni interne -  $\psi_I$  [W/mK] 0,07

**IWo.12-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante interno**

**Calcolo del coefficiente di trasmissione termica lineica con l'ausilio di un modello f.e.m. (Therm 6.3)**



**NOTA 3:** Dettaglio grafico del modello f.e.m. con legenda dei materiali e rappresentazione delle isoterme delle temperature interne e superficiali.

$$F_{ideale} = \Delta T * \sum_i^N (L_{ie} * U_i) [W / m]$$

$$F_{reale} = \Delta T * L_e * U_{factor} [W / m]$$

$$L_{2D} = F_{reale} / \Delta T = L_e * U_{factor} [W / mK]$$

$$\Psi_e = L_{2D} - \sum_i^N (L_{ie} * U_i) = L_e * U_{factor} - \sum_i^N (L_{ie} * U_i) [W / mK]$$

**NOTA 4:** I parametri fisicotecnici utilizzati per il modello possono differire rispetto a quelli scelti per il calcolo con le formule dell'abaco Cened poiché quest'ultimo è valido solo in precisi campi di esistenza mentre il modello f.e.m. garantisce una maggiore versatilità.

**NOTA 5:** Nei calcoli il terreno e l'ambiente non riscaldato sono stati considerati alla temperatura di 10° C.

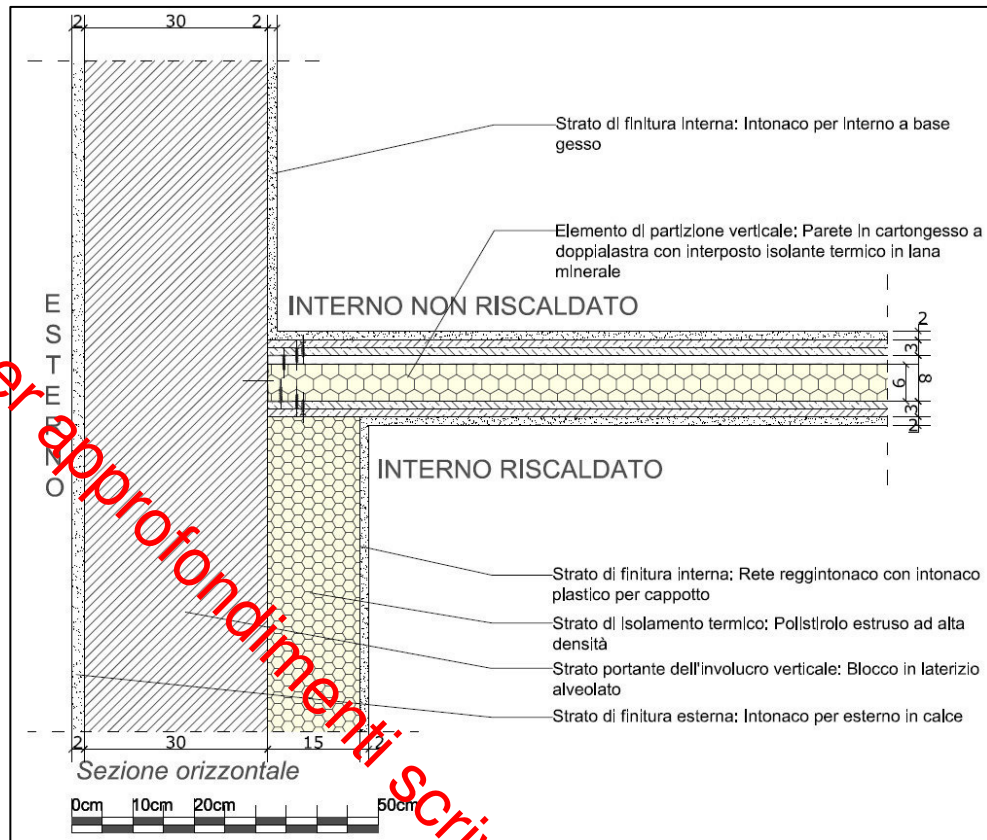
Di seguito si riporta il coefficiente calcolato rispetto al perimetro esterno d'involucro.

lunghezza esterna	delta termico	trasm.za termica ideale	flusso termico ideale	trasm.za termica globale	flusso termico reale	coeff. acc. rispetto termico	coeff. disp. termica lineica
$L_e$	$\Delta T$	$U_c$	$F_{ideale}$	$U_{factor}$	$F_{reale}$	$L_{2D}$	$\Psi_e$
[m]	[K]	[W/m²K]	[W/m]	[W/m²K]	[W/m]	[W/mK]	[W/mK]

Coefficiente di dispersione termica verso l'esterno							
3,16	28	0,1623	14,37	0,3157	27,95	8,84	0,49

Coefficiente di dispersione termica verso l'ambiente non riscaldato							
2,00	10	0,3958	7,90	0,2066	4,12	2,07	-0,38

IWo.12-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante interno



ESTRATTO - per approfondimenti scrivere a: [caterina.arno@gmail.com](mailto:caterina.arno@gmail.com)

## A. DESCRIZIONE

Nodo perimetrale di intersezione tra l'involucro e un tramezzo tra ambiente riscaldato e non. Nel dettaglio proposto la muratura d'involucro è in blocchi di laterizio alveolare con rivestimento interno a cappotto e il tramezzo è in cartongesso a doppia lastra con lo strato di isolamento in fibra minerale interposto nel cartongesso. Gli elementi per l'isolamento termico differiscono per spessore e tipologia del materiale utilizzato. Il cappotto esterno garantisce continuità e protezione per entrambi gli ambienti; quello riscaldato è ulteriormente protetto dallo strato di pannelli in fibra di legno mineralizzata che limita le dispersioni di calore verso l'ambiente non riscaldato. Il disegno precedente evidenzia questa continuità con una campitura di colore giallo, utilizzata anche negli elaborati grafici.



Figura A.1. utilizzo di pannelli in fibra di legno mineralizzata e ancoraggio di tipo meccanico in cantiere



## B. CLASSI ESIGENZIALI E REQUISITI

### 1. Classe Esigenziale: SICUREZZA

#### 1.1. Classe di Requisito: SICUREZZA DI STABILITÀ

Il sistema a cappotto è reso solidale alla muratura portante attraverso ancoraggio meccanico puntuale (a tasselli) e/o ancoraggio distribuito chimico (a colla).

##### 1.1.1. AFFIDABILITÀ

*Si intende l'attitudine a garantire, in condizioni di normale utilizzo, livelli prestazionali costanti nel tempo.*

Le caratteristiche prestazionali di capacità portante dovranno essere mantenute nel tempo. Si rimanda a note di posa e di manutenzione indicate dal progettista e dalle specifiche tecniche indicate dai produttori dei materiali utilizzati. L'utilizzo di tasselli e di zanche metalliche favorisce l'ancoraggio e il fissaggio delle tamponature agli elementi strutturali principali.

##### 1.1.2. RESISTENZA MECCANICA ALLE AZIONI DINAMICHE

*Si intende la capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni dinamiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.*

Il nodo strutturale proposto riguarda porzioni dell'involucro non portanti, in caso di sisma le sollecitazioni saranno assorbite dagli elementi portanti strutturali.

##### 1.1.3. RESISTENZA MECCANICA ALLE AZIONI STATICHE

*Si intende la capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni statiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.*

La muratura perimetrale poggerà sugli elementi strutturali principali in continuità e complanarità rispetto al filo esterno.

La muratura perimetrale esterna dovrà avere elementi puntuali di ancoraggio con le parti strutturali in cemento armato per garantire un comportamento solidale. Questi collegamenti potranno essere eseguiti tramite ferri di armatura con passo e densità specifici secondo la muratura e dalle caratteristiche dimensionali tipiche della parete in questione. Si rimanda alle prescrizioni tecniche riportate dal progettista nel disciplinare tecnico.

#### 1.2. Classe di Requisito: SICUREZZA AL FUOCO

Le prescrizioni fondamentali in materia di antincendio sono contenute nella normativa edilizia generale, ovvero nelle norme edilizie regionali e nei decreti ministeriali. Valgono pertanto le specifiche condizioni richieste dalle singole normative in riferimento anche al tipo di utilizzo della struttura e alla destinazione d'uso dell'edificio.

##### 1.2.1. RESISTENZA AL FUOCO R

*Si intende la capacità durante un incendio di mantenere inalterate le proprie caratteristiche d'esercizio per un tempo limite utile alla messa in sicurezza degli occupanti.*

La classe di resistenza al fuoco base prevista è R30. In caso di particolari esigenze si rimanda comunque alle prescrizioni previste per quelle esigenze. A titolo di esempio per l'elemento evidenziato in figura, si possono prevedere particolari protezioni tramite pitture o rivestimenti protettivi con materiali che soddisfino le prescrizioni di resistenza al fuoco e al calore pur mantenendo, in condizioni di uso normali, le caratteristiche di capacità portante e di solidarietà con la struttura descritte in precedenza.

## 2. Classe Esigenziale: BENESSERE

### 2.1. Classe di Requisito: TERMOIGROMETRICO

#### 2.1.1. CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE SUPERFICIALE

*Si intende l'attitudine ad evitare la formazione di condensa sulla superficie degli elementi.*

La formazione di condensa superficiale può dare origine a muffe, causa di malattie respiratorie per gli occupanti. La muffa superficiale oltre a sgradevoli problemi estetici può anche influire sul degrado dei materiali delle finiture superficiali. La presenza di condensa è sintomo di un inadeguato comportamento termoigrometrico dell'involucro edilizio.

Mediante la simulazione con un software agli elementi finiti è stato verificato che nel punto più sfavorevole del nodo, la temperatura superficiale fosse maggiore di quella di rugiada per le condizioni al contorno di progetto scelte per la simulazione.

La tabella seguente riassume i principali valori considerati e verificati.

Temperatura interna di progetto - $T_i$ [°C]	Temperatura esterna di progetto - $T_e$ [°C]	Umidità relativa interna - $\phi$ [%]	Temperatura di rugiada - $t_r$ [°C]	Temperatura superficiale interna (simulata) $t_{si}$ [°C]
20°	-8°	60%	12,0°	18,4°

#### 2.1.2. CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE INTERSTIZIALE

*Si intende l'attitudine ad evitare la formazione di acqua di condensa all'interno degli elementi.*

Il progettista, in fase di progettazione deve verificare che durante tutta la stagione di riscaldamento non si formi condensa all'interno delle partizioni murarie. La formazione di condense può dare origine a fenomeni di degrado e ad un decadimento delle prestazioni fisico-tecniche degli elementi coinvolti.

I fenomeni di condensa dipendono principalmente dalle condizioni ambientali interne ed esterne specifiche di ogni singolo ambiente e dal contenuto di umidità dell'aria interna. Risulta necessario quindi, considerare sia il corretto comportamento termoigrometrico della parete d'involucro, sia il buon funzionamento dell'impianto di riscaldamento. Se è previsto che quest'ultimo controlli anche l'umidità dell'aria oltre alla temperatura, si sottolinea l'importanza che questa sia mantenuta all'interno dei valori limite segnalati per evitare i suddetti fenomeni di condensa. L'integrazione progettuale impiantistica insieme a quella edilizia, sono indispensabili per rispettare i limiti normativi e raggiungere il benessere ambientale desiderato.

#### 2.1.3. CONTROLLO DELL'INERZIA TERMICA

*Si intende l'attitudine ad attenuare entro opportuni valori l'ampiezza di oscillazione della temperatura e a ritardarne di una opportuna entità l'effetto.*

Sotto l'azione di fattori termici estivi, i componenti edilizi devono essere dotati di una sufficiente inerzia termica in modo da garantire, attraverso adeguati livelli di attenuazione e di sfasamento dell'onda termica, condizioni accettabili di benessere termico estivo.

#### 2.1.4. CONTROLLO DELL'ISOLAMENTO TERMICO

*Si intende la capacità di garantire adeguata resistenza al flusso di calore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere termico.*

Il parametro di riferimento per questo requisito è la trasmittanza termica areica o lineica in caso di ponte termico.

Coefficiente di trasmissione termica lineica  $\psi_e$  [W/mK] secondo diversi metodi di calcolo

Il coefficiente ricavato secondo le quattro modalità diverse non è del tutto attendibile poiché calcolato con metodologie e livelli di accuratezza differenti. Il confronto pertanto è indicativo, ma non esaustivo.

Si ricorda che i calcoli secondo:

- UNI EN ISO 14683 ha un' accuratezza  $\pm 50\%$ ;
- abaci e manuali  $\pm 20\%$ ;
- numerici (modellazione elementi finiti)  $\pm 5\%$

UNI EN ISO 14683	ABACO CESTEC/CENED	ATLANTE EDILCLIMA	SOFTWARE THERM 6.3
0,90	n.d.	0,16	0,49

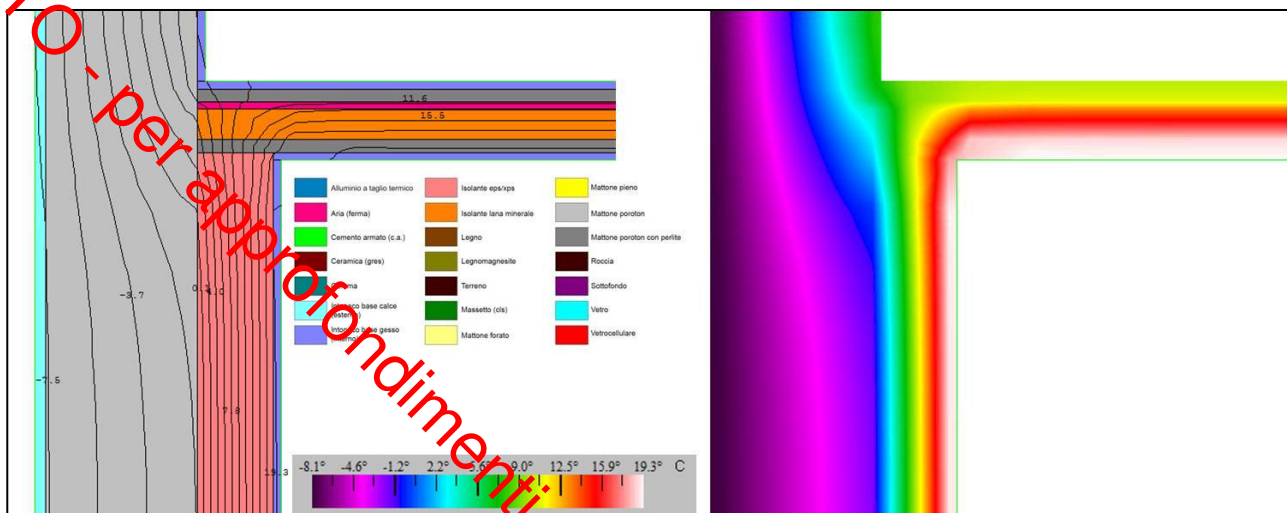


Figura B.1. simulazione termica con software agli elementi finiti (Therm 6.3)

## 2.2. Classe di Requisito: ACUSTICO

### 2.2.1. ISOLAMENTO ACUSTICO

Si intende la capacità di garantire un'adeguata resistenza alle emissioni di rumore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere acustico.

La diffusione delle vibrazioni acustiche sia per via aerea che attraverso i componenti edilizi deve essere inibita tramite l'uso di opportuni dissuasori o separatori acustici come ad esempio l'impiego di gomme di separazione tra gli elementi strutturali e la muratura di partizione o di involucro.

In questo particolare caso lungo il perimetro ed in prossimità della giunzione della muratura interna con l'estradosso del solaio si consiglia di posizionare un nastro in gomma polimerica. Un'alternativa all'utilizzo del nastro sull'estradosso del solaio può essere quella di utilizzare pannelli in legnomagnesite.

## 3. Classe Esigenziale: INTEGRABILITÀ

### 3.1. Classe di Requisito: INTEGRABILITÀ DEGLI ELEMENTI TECNICI

#### 3.1.1. INTEGRAZIONE DIMENSIONALE

Si intende la capacità di un elemento o di un componente di poter essere, in parte o totalmente, integrato dimensionalmente in un sistema già esistente onde garantirne prestazioni migliorate.

Durante la fase progettuale, il progettista dovrà indicare le specifiche tolleranze dimensionali per i singoli elementi costituenti il nodo; tali valori dovranno essere rispettati e controllati dalla D.L. in fase esecutiva.

Durante la fase di realizzazione, il costruttore dovrà rispettare i limiti di tolleranza prescritti e rendere geometricamente congruenti le superfici, degli strati intermedi, al fine di agevolare la posa e l'ancoraggio dello strato o dell'elemento contiguo.

#### **4. Classe Esigenziale: GESTIONE**

##### **4.1. Classe di Requisito: GESTIONE DI MANUTENIBILITÀ**

###### **4.1.1. RESISTENZA AL GELO E ALL'IRRAGGIAMENTO**

*Si intende la capacità di mantenere inalterate le proprie caratteristiche e non subire degrading o modifiche dimensionali-funzionali a seguito della formazione di ghiaccio o di esposizione all'irraggiamento diretto.*

Si suggerisce l'utilizzo di una rete portaintonaco di rinforzo nelle zone di discontinuità materica o geometrica. La rete garantirà continuità e supporto all'intonaco e assorbirà eventuali dilatazioni e variazioni dimensionali fornendo maggiore elasticità all'intonaco. Il materiale proposto dovrà avere un coefficiente di dilatazione termica simile a quello degli strati di rivestimento di intonaco. Gli spessori rimangono comunque ridotti e si evitano fenomeni di degrado e distacco di porzioni di intonaco a causa degli stress termici indotti.

Per eventuali particolarità si rimanda a note di posa e di manutenzione indicate dal progettista e dalle specifiche tecniche indicate dai produttori dei materiali utilizzati.

**ESTRATTO per approfondimenti scrivere a: [caterina.arno@gmail.com](mailto:caterina.arno@gmail.com)**

## C. INDICAZIONI DI POSA

Di seguito sono indicate le principali fasi per la realizzazione del nodo analizzato:

- 1) Posa dell'involucro murario principale per la muratura con rivestimento a cappotto prestando particolare attenzione alla complanarità delle superfici murarie con quelle strutturali al fine di preparare le superfici alla posa del successivo strato di coibente.
- 2) Posa e ancoraggio del tramezzo in cartongesso a doppia lastra con interposto materiale coibente prestando particolare attenzione alla complanarità delle superfici per la successiva fase di finitura
- 3) Posa e ancoraggio (chimico e meccanico) del sistema di rivestimento a cappotto interno. Se il materiale isolante è in lastre o pannelli è necessario garantire, durante la posa, la perfetta complanarità e continuità tra un modulo e l'altro. In caso di interruzioni puntuali della tessitura muraria per il passaggio di canali e/o impianti sarà necessario mantenere il più possibile la continuità di isolamento termico e acustico.
- 4) Posa e regolarizzazione degli strati di finitura dell'intonaco esterno usando materiali e tecniche che bene si abbinino alla superficie di posa sottostante. Al fine di compensare gli spostamenti e le dilatazioni conseguenti all'eterogeneità dei materiali impiegati si consiglia di usare reti portaintonaco.
- 5) Posa degli strati di finitura e rivestimento verticale delle superfici interne. La realizzazione delle finiture esterna ed interna deve essere eseguita secondo le specifiche prescrizioni indicate dal progettista e dalla D.L. con particolare attenzione alla livellatura e a garantire i requisiti di resistenza alle dilatazioni termiche.

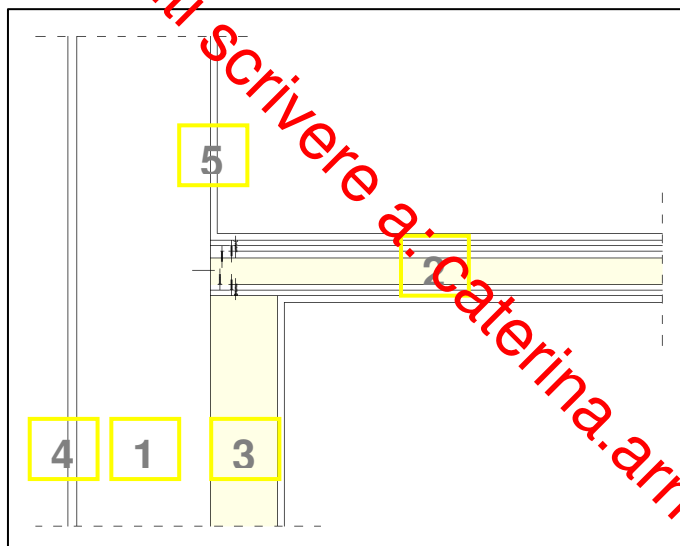
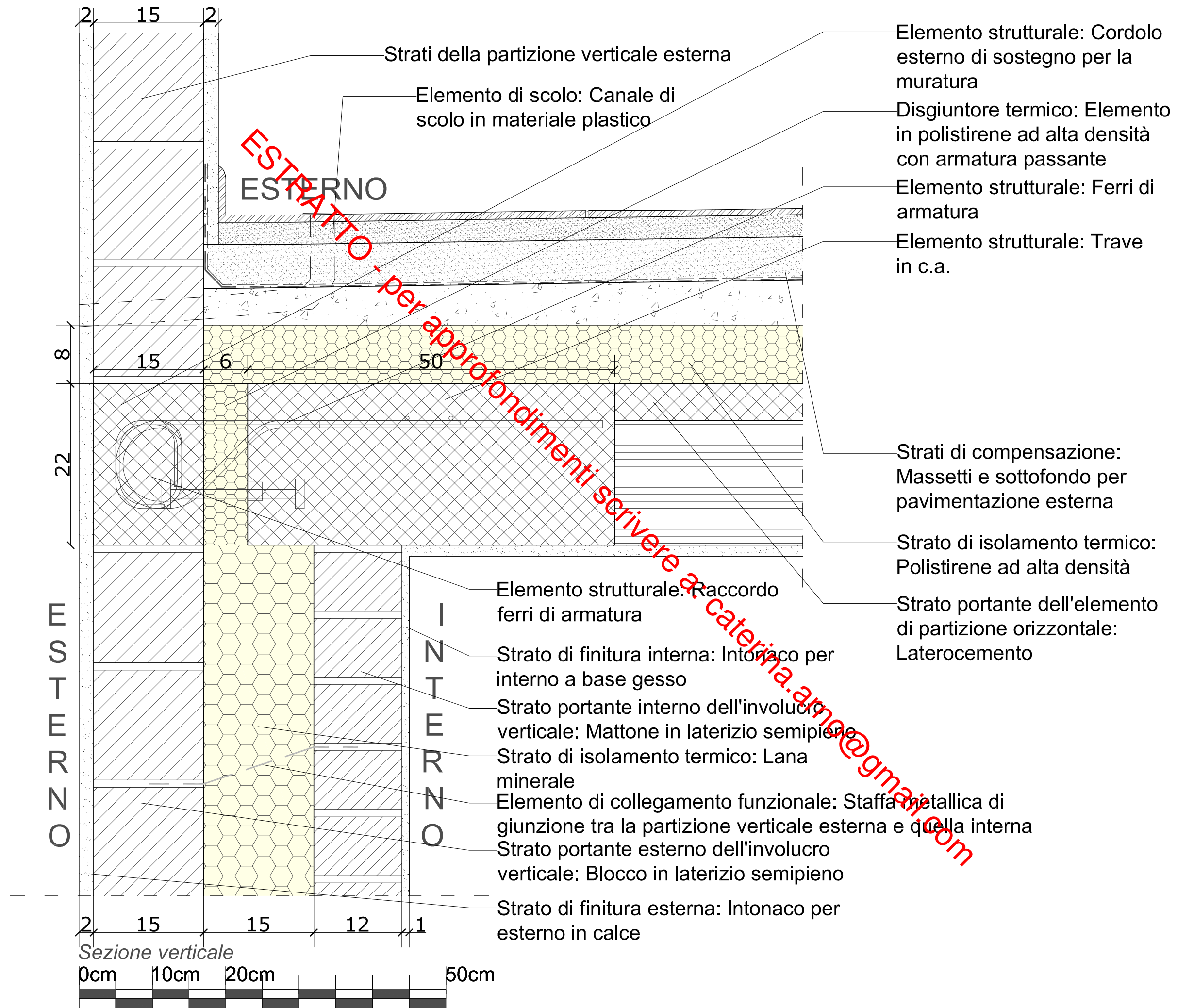


Figura C.1. indicazioni di posa





**POLITECNICO DI TORINO - Dottorato ITAC - XXV CICLO**

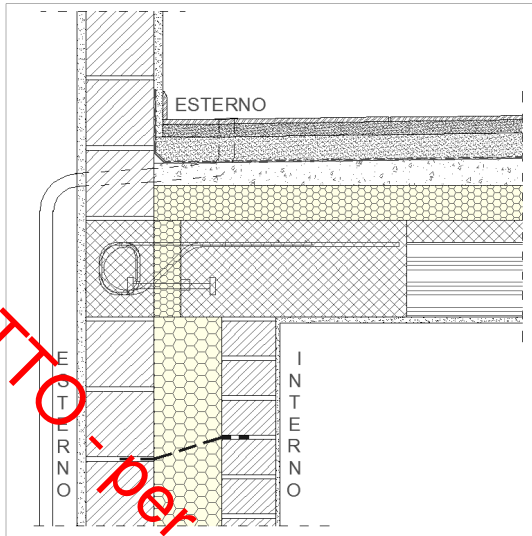
*Discontinuità dell'involucro edilizio e contenimento dei fabbisogni energetici. Strumento per l'ottimizzazione di soluzioni tecnico-costruttive.*

SCALA: 1:5

SOLUZIONE TECNICA DI DETTAGLIO:

**\_Rv.05-B\_ parete con isolante intermedio e copertura orizzontale con isolante intermedio**

Caterina Arnò

**Rv.05-B parete con isolante intermedio e copertura orizzontale con isolante intermedio**

**NOTA 1:** Il dettaglio grafico proposto intende indicare la tipologia funzionale del nodo studiato. I riferimenti grafici hanno valenza indicativa e non esaustiva. Le singole caratteristiche dei materiali possono essere variate in base alle specifiche esigenze di calcolo.

**NOTA 2:** L'utente deve inserire i dati solo nelle caselle campite in grigio, i risultati vengono compilati in automatico ed i dati più sensibili sono evidenziati in grassetto.

**NOTA 2bis:** La stratigrafia della copertura seguente si riferisce solo ai materiali in continuità, senza intercapedini arieggiate, che realmente contribuiscono alla separazione termica dell'ambiente interno dall'esterno; sono pertanto esclusi gli strati superficiali della copertura con tegoli con ganci separatori.

N°	STRATIGRAFIA parete	spessore	lunghezza	larghezza	densità	cond. termica	peso	resist. termica
	Nome materiale	s	h	l	d	$\lambda$	p	r
		[m]	[m]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kg]	[m <sup>2</sup> K/W]
E	Rse							0,040
01	IntonacoCalce	0,020	3,00	1,00	1600	0,800	96,000	0,025
02	MattoneForato	0,150	3,00	1,00	1200	0,360	540,000	0,417
03	LanaDiRoccia	0,150	3,00	1,00	30	0,040	13,500	3,750
04	MattoneForato	0,120	3,00	1,00	1200	0,360	432,000	0,333
05	IntonacoCalceGesso	0,010	3,00	1,00	1500	0,700	45,000	0,014
I	Rsi							0,130
Spessore totale - Sp		[m]	0,450					
Volume - V		[m <sup>3</sup> ]	1,350					
Massa totale - M		[kg]	1127					
<b>Peso totale - P</b>		<b>[N]</b>	<b>11051</b>					
Resistenza termica totale - R		[m <sup>2</sup> K/W]	4,709					
<b>Trasmittanza termica totale - U</b>		<b>[W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>0,212</b>					
Lunghezza equivalente - L		[m]	0,300					
Conduktività termica equivalente - C		[W/m <sup>2</sup> K]	1,267					
<b>Conducibilità termica equivalente - <math>\lambda_{eq}</math></b>		<b>[W/mK]</b>	<b>0,380</b>					

**\_Rv.05-B\_ parete con isolante intermedio e copertura orizzontale con isolante intermedio**

STRATIGRAFIA copertura		spessore	lunghezza	larghezza	densità	cond. termica	peso	resist. termica
N° orizzontale	Nome materiale	s	h	l	d	$\lambda$	p	r
		[m]	[m]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kg]	[m <sup>2</sup> K/W]
E	Rse							0,040
01	Ceramica	0,015	1,00	1,00	2000	1,200	30,000	0,013
02	MaltaCemento	0,030	1,00	1,00	2200	1,400	66,000	0,021
03	CLSAleggeritoConArgillaEspanisa	0,060	1,00	1,00	1100	0,450	66,000	0,133
04	MassettoCemento	0,060	1,00	1,00	2000	1,400	120,000	0,043
05	Poliuretano	0,080	1,00	1,00	30	0,030	2,400	2,667
06	CementoArmato	0,050	1,00	1,00	2400	2,300	120,000	0,022
07	MattoneForato	0,170	1,00	1,00	1200	0,360	204,000	0,472
08	IntonacoCalceGesso	0,020	1,00	1,00	1500	0,700	30,000	0,029
I	Rsi							0,100
Spessore totale - Sp		[m]	0,485					
Volume - V		[m <sup>3</sup> ]	0,485					
Massa totale - M		[kg]	638					
<b>Peso totale - P</b>		[kg]	<b>6263</b>					
Resistenza termica totale - R		[m <sup>2</sup> K/W]	3,539					
<b>Trasmittanza termica totale - U</b>		[W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,283</b>					

**Rv.05-B\_ parete con isolante intermedio e copertura orizzontale con isolante intermedio**

**Calcolo del coefficiente di trasmissione termica lineica con l'ausilio di un modello f.e.m. (Therm 6.3)**



$$F_{ideale} = \Delta T * \sum_i (L_{ie} * U_i) [W / m]$$

$$F_{reale} = \Delta T * L_e * U_{factor} [W / m]$$

$$L_{2D} = F_{reale} / \Delta T = L_e * U_{factor} [W / mK]$$

$$\Psi_e = L_{2D} - \sum_i (L_{ie} * U_i) = L_e * U_{factor} - \sum_i (L_{ie} * U_i) [W / mK]$$

**NOTA 4:** I parametri fisicotecnici utilizzati per il modello possono differire rispetto a quelli scelti per il calcolo con le formule dell'abaco Cened poiché quest'ultimo è valido solo in precisi campi di esistenza mentre il modello f.e.m. garantisce una maggiore versatilità.

Di seguito si riporta il coefficiente calcolato rispetto al perimetro esterno d'involucro.

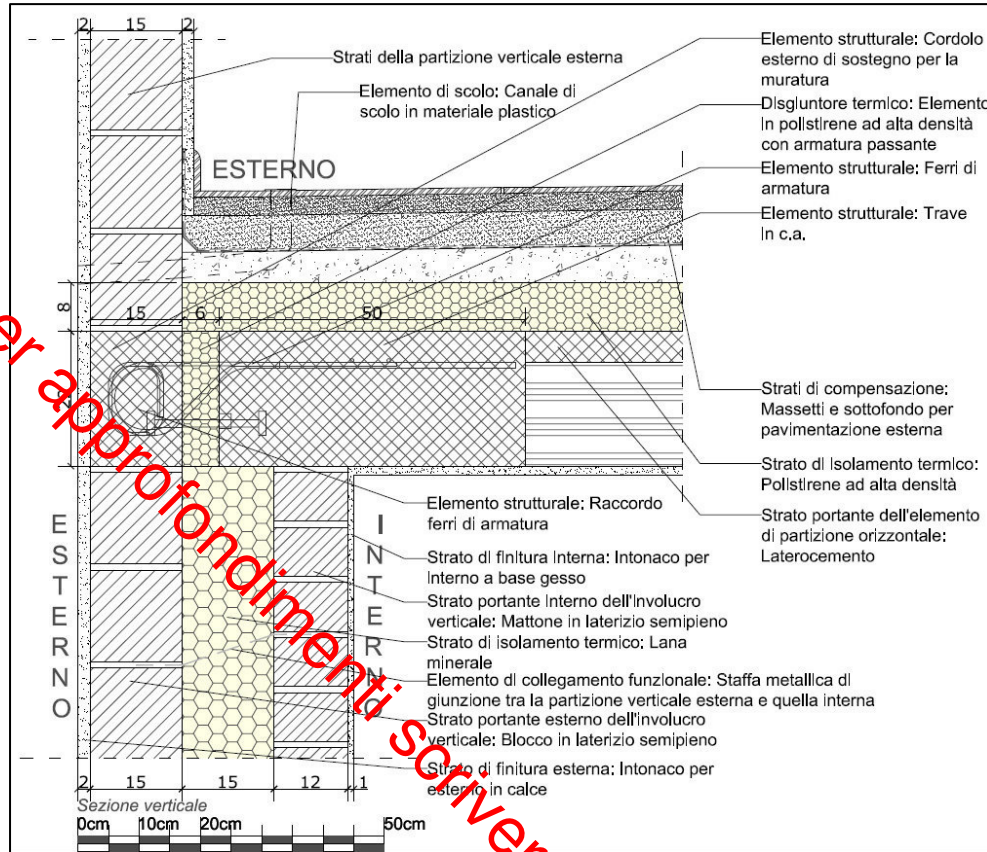
lunghezza esterna	delta termico	trasm.za termica ideale	flusso termico ideale	trasm.za termica globale	flusso termico reale	coeff. acc.mento termico	coeff. disp. termica lineica
$L_e$	$\Delta T$	$U_c$	$F_{ideale}$	$U_{factor}$	$F_{reale}$	$L_{2D}$	$\Psi_e$
[m]	[K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m]	[W/mK]	[W/mK]

<i>Coefficiente di dispersione termica secondo l'asse orizzontale</i>							
2,34	28	0,2825	18,48	0,2815	18,41	7,88	0,00

<i>Coefficiente di dispersione termica secondo l'asse verticale</i>							
4,18	28	0,2123	24,82	0,2252	26,33	6,31	0,05

<i>Coefficiente di dispersione termica secondo la lunghezza globale</i>							
6,51	28	0,2375	43,30	0,2453	44,72	6,87	0,05

**\_Rv.05-B\_ parete con isolante intermedio e copertura orizzontale con isolante intermedio**





## A. DESCRIZIONE

Nodo perimetrale esterno formato dalla giunzione tra l'involucro verticale opaco e la copertura orizzontale. Nel dettaglio proposto la muratura è in laterizio semipieno tradizionale con isolante interposto in intercapedine. L'intercapedine, se adeguatamente dimensionata può ospitare uno spessore variabile di isolamento. Il livello minimo di coibentazione è raggiunto dal primo strato, mentre il secondo può essere aggiunto nel caso in cui si intenda implementare le prestazioni termo-igrometriche. La struttura portante è in cemento armato e la trave di bordo ha interposto al suo interno un elemento in materiale isolante ad alta densità (disgiuntore termico) che garantisce una migliore coibentazione e continuità con l'isolamento termico ad alta densità al di sotto del massetto e del sottofondo caratterizzanti la copertura orizzontale. Gli elementi per l'isolamento termico differiscono per spessore e tipologia del materiale utilizzato, ma la continuità di separazione e d'isolamento termico tra interno ed esterno è garantita. Il disegno precedente evidenzia questa continuità con una campitura di colore giallo, utilizzata anche negli elaborati grafici.



Figura A.1. cantiere con posa in opera



## B. CLASSI ESIGENZIALI E REQUISITI

### 1. Classe Esigenziale: SICUREZZA

#### 1.1. Classe di Requisito: SICUREZZA DI STABILITÀ

La muratura interna e quella esterna sono rese solidali da zanche metalliche puntuali poste ad intervalli regolari al fine di garantire un comportamento omogeneo e continuo.

##### 1.1.1. AFFIDABILITÀ

*Si intende l'attitudine a garantire, in condizioni di normale utilizzo, livelli prestazionali costanti nel tempo.*

Le caratteristiche prestazionali di capacità portante dovranno essere mantenute nel tempo. Si rimanda a note di posa e di manutenzione indicate dal progettista e dalle specifiche tecniche indicate dai produttori dei materiali utilizzati. L'utilizzo di tasselli e di zanche metalliche favorisce l'ancoraggio e il fissaggio delle tamponature agli elementi strutturali principali.

La realizzazione delle strutture portanti principali, tramite getto di cls in opera, prevede una preventiva posa delle armature alle quali dovranno essere collegate mediante debito inserimento i ferri di ancoraggio dell'elemento disgiuntore di separazione termica. L'elemento proposto dovrà perfettamente integrarsi con la struttura, garantendo una capacità portante pari e superiore al carico proprio e accidentale della muratura esterna. Le dimensioni dell'elemento possono variare in funzione della dimensione della trave (altezza e carpenteria metallica di armatura).

##### 1.1.2. RESISTENZA MECCANICA ALLE AZIONI DINAMICHE

*Si intende la capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni dinamiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.*

In riferimento alla vigente normativa antisismica il nodo strutturale deve prevedere sollecitazioni dinamiche garantendo le prestazioni previste dalla classe di utilizzo. Nello specifico le armature di sostegno dell'elemento devono integrarsi con le armature stabilite nel normale calcolo strutturale.

##### 1.1.3. RESISTENZA MECCANICA ALLE AZIONI STATICHE

*Si intende la capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni statiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.*

La muratura perimetrale poggerà sugli elementi strutturali principali in continuità e complanarità rispetto al filo esterno.

La muratura perimetrale esterna dovrà avere elementi puntuali di ancoraggio con le parti strutturali in cemento armato per garantire un comportamento solidale. Questi collegamenti potranno essere eseguiti tramite ferri di armatura con passo e densità specifici secondo la muratura e dalle caratteristiche dimensionali tipiche della parete in questione. Si rimanda alle prescrizioni tecniche riportate dal progettista nel disciplinare tecnico.

### 1.2. Classe di Requisito: SICUREZZA AL FUOCO

Le prescrizioni fondamentali in materia di antincendio sono contenute nella normativa edilizia generale ovvero nelle norme edilizie regionali e nei decreti ministeriali. Valgono pertanto le specifiche condizioni richieste dalle singole normative in riferimento anche al tipo di utilizzo della struttura e alla destinazione d'uso dell'edificio.

#### 1.2.1. RESISTENZA AL FUOCO R

*Si intende la capacità durante un incendio di mantenere inalterate le proprie caratteristiche d'esercizio per un tempo limite utile alla messa in sicurezza degli occupanti.*

La classe di resistenza al fuoco base prevista è R30. In caso di particolari esigenze si rimanda comunque alle prescrizioni previste per quelle esigenze. A titolo di esempio per l'elemento evidenziato in figura, si possono prevedere particolari protezioni tramite pitture o rivestimenti protettivi con materiali che soddisfino le prescrizioni di resistenza al fuoco e al calore pur mantenendo, in condizioni di uso normali, le caratteristiche di capacità portante e di solidarietà con la struttura descritte in precedenza.

## 2. Classe Esigenziale: **BENESSERE**

### 2.1. Classe di Requisito: **TERMOIGROMETRICO**

#### 2.1.1. CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE SUPERFICIALE

*Si intende l'attitudine ad evitare la formazione di condensa sulla superficie degli elementi.*

La formazione di condensa superficiale può dare origine a muffe, causa di malattie respiratorie per gli occupanti. La muffa superficiale oltre a sgradevoli problemi estetici può anche influire sul degrado dei materiali delle finiture superficiali. La presenza di condensa è sintomo di un inadeguato comportamento termo-igrometrico dell'involucro edilizio.

Mediante la simulazione con un software agli elementi finiti è stato verificato che nel punto più sfavorevole del nodo, la temperatura superficiale fosse maggiore di quella di rugiada per le condizioni al contorno di progetto scelte per la simulazione.

La tabella seguente riassume i principali valori considerati e verificati.

Temperatura interna di progetto - $T_i$ [°C]	Temperatura esterna di progetto - $T_e$ [°C]	Umidità relativa interna - $\phi$ [%]	Temperatura di rugiada - $t_r$ [°C]	Temperatura superficiale interna (simulata) $t_{si}$ [°C]
20°	-8°	60%	12,0°	17,6°

#### 2.1.2. CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE INTERSTIZIALE

*Si intende l'attitudine ad evitare la formazione di acqua di condensa all'interno degli elementi.*

Il progettista, in fase di progettazione deve verificare che durante tutta la stagione di riscaldamento non si formi condensa all'interno delle partizioni murarie. La formazione di condensa può dare origine a fenomeni di degrado e ad un decadimento delle prestazioni fisico-tecniche degli elementi coinvolti.

I fenomeni di condensa dipendono principalmente dalle condizioni ambientali interne ed esterne specifiche di ogni singolo ambiente e dal contenuto di umidità dell'aria interna. Risulta necessario quindi, considerare sia il corretto comportamento termoigrometrico della parete d'involucro, sia il buon funzionamento dell'impianto di riscaldamento. Se è previsto che quest'ultimo controlli anche l'umidità dell'aria oltre alla temperatura, si sottolinea l'importanza che questa sia mantenuta all'interno dei valori limite segnalati per evitare i suddetti fenomeni di condensa. L'integrazione progettuale impiantistica insieme a quella edilizia sono indispensabili per rispettare i limiti normativi e raggiungere il benessere ambientale desiderato.

#### 2.1.3. CONTROLLO DELL'INERZIA TERMICA

*Si intende l'attitudine ad attenuare entro opportuni valori l'ampiezza di oscillazione della temperatura e a ritardarne di una opportuna entità l'effetto.*

Sotto l'azione di fattori termici estivi, i componenti edilizi devono essere dotati di una sufficiente inerzia termica in modo da garantire, attraverso adeguati livelli di attenuazione e di sfasamento dell'onda termica, condizioni accettabili di benessere termico estivo.

#### 2.1.4. CONTROLLO DELL'ISOLAMENTO TERMICO

*Si intende la capacità di garantire adeguata resistenza al flusso di calore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere termico.*

Il parametro di riferimento per questo requisito è la trasmittanza termica areica o lineica in caso di ponte termico.

*Coefficiente di trasmissione termica lineica  $\psi_e$  [W/mK] secondo diversi metodi di calcolo*

Il coefficiente ricavato secondo le quattro modalità diverse non è del tutto attendibile poiché calcolato con metodologie e livelli di accuratezza differenti. Il confronto pertanto è indicativo, ma non esaustivo.

Si ricorda che i calcoli secondo:

- UNI EN ISO 14683 ha un' accuratezza  $\pm 50\%$ ;
- abaci e manuali  $\pm 20\%$ ;
- numerici (modellazione elementi finiti)  $\pm 5\%$

UNI EN ISO 14683	ABACO CESTEC/CENED	ATLANTE EDILCLIMA	SOFTWARE THERM 6.3
0,50	n.d.	-0,05	0,05

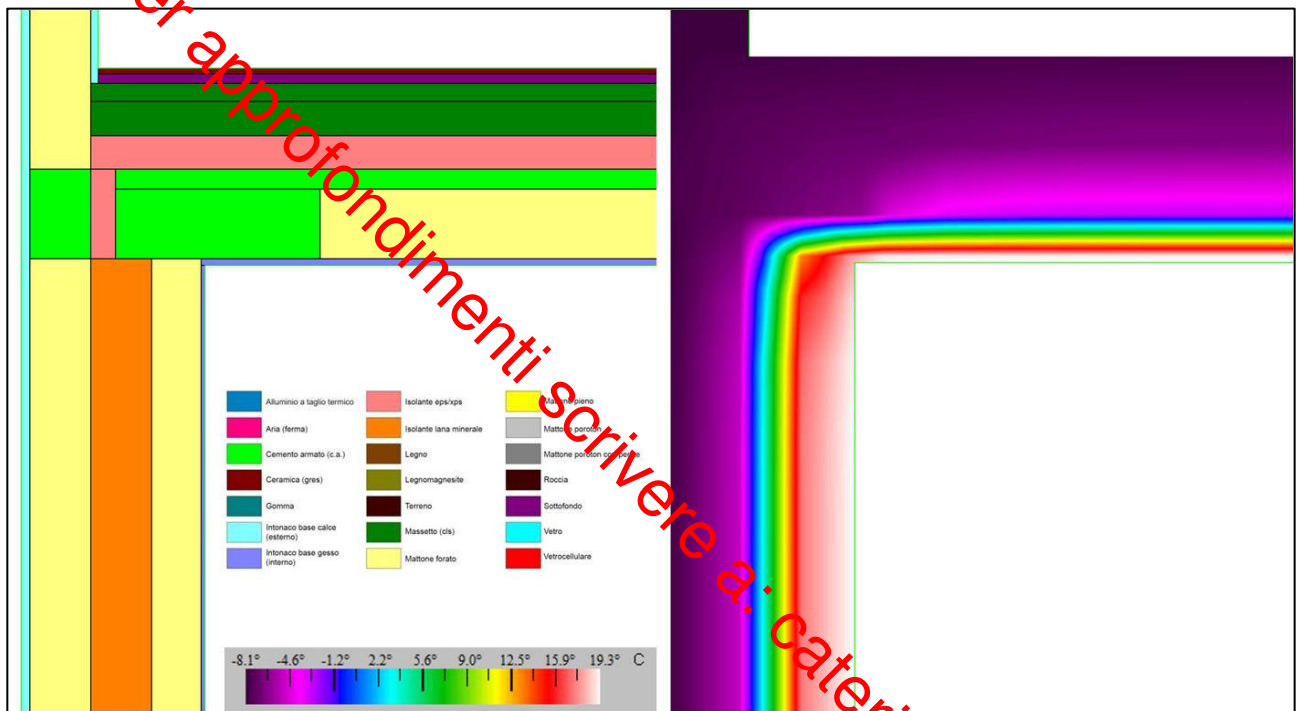


Figura B.1. simulazione termica con software agli elementi finiti (Therm 6.3)

## **2.2. Classe di Requisito: ACUSTICO**

### **2.2.1. ISOLAMENTO ACUSTICO**

*Si intende la capacità di garantire un'adeguata resistenza alle emissioni di rumore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere acustico.*

La diffusione delle vibrazioni acustiche sia per via aerea che attraverso i componenti edilizi deve essere inibita tramite l'uso di opportuni dissuasori o separatori acustici come ad esempio l'impiego di gomme di separazione tra gli elementi strutturali e la muratura di partizione o di involucro.

In questo particolare caso la separazione acustica è svolta dallo strato di coibente termico orizzontale.

L'isolamento acustico di facciata è garantito con l'utilizzo di materiali con elevata inerzia acustica, particolare attenzione deve essere posta nella scelta dei serramenti.

## **3. Classe Esigenziale: INTEGRABILITÀ**

### **3.1. Classe di Requisito: INTEGRABILITÀ DEGLI ELEMENTI TECNICI**

#### **3.1.1. INTEGRAZIONE DIMENSIONALE**

*Si intende la capacità di un elemento o di un componente di poter essere, in parte o totalmente, integrato dimensionalmente in un sistema già esistente onde garantirne prestazioni migliorate.*

Durante la fase progettuale il progettista dovrà indicare le specifiche tolleranze dimensionali per i singoli elementi costituenti il nodo; tali valori dovranno essere rispettati e controllati dalla D.L. in fase esecutiva.

Durante la fase di realizzazione il costruttore dovrà rispettare i limiti di tolleranza prescritti e rendere geometricamente congruenti le superfici, degli strati intermedi, al fine di agevolare la posa e l'ancoraggio dello strato o dell'elemento contiguo.

## **4. Classe Esigenziale: GESTIONE**

### **4.1. Classe di Requisito: GESTIONE DI MANUTENIBILITÀ**

#### **4.1.1. RESISTENZA AL GELO E ALL'IRRAGGIAMENTO**

*Si intende la capacità di mantenere inalterate le proprie caratteristiche e non subire degni o modifiche dimensionali-funzionali a seguito della formazione di ghiaccio o di esposizione all'irraggiamento diretto.*

Si suggerisce l'utilizzo di una rete portaintonaco di rinforzo nelle zone di discontinuità materica o geometrica. La rete garantirà continuità e supporto all'intonaco e assorbirà eventuali dilatazioni e variazioni dimensionali fornendo maggiore elasticità all'intonaco. Gli spessori rimangono comunque ridotti e si evitano fenomeni di degrado e distacco di porzioni di intonaco a causa degli stress termici indotti.

La copertura deve utilizzare prodotti anti riverbero e resistenti alle radiazioni solari al fine di ridurre al minimo gli effetti di degrado indotti dai raggi UV.

Per eventuali particolarità si rimanda a note di posa e di manutenzione indicate dal progettista e dalle specifiche tecniche indicate dai produttori dei materiali utilizzati.

## C. INDICAZIONI DI POSA

Di seguito sono indicate le principali fasi per la realizzazione del nodo analizzato:

- 1) Realizzazione, con getto in opera, degli elementi strutturali e utilizzo dei sistemi con dissuasori termici.
- 2) Realizzazione solaio in laterocemento.
- 3) Posa dello strato esterno della muratura prestando particolare attenzione alla complanarità delle superfici murarie con quelle strutturali al fine di preparare le superfici alla posa del successivo strato di coibente. Realizzazione e predisposizione di collegamenti per la muratura interna che potranno essere eseguiti tramite zancature metalliche e/o conci murari, con passo e densità specifici secondo la muratura e dalle caratteristiche dimensionali tipiche della parete in questione. Si consiglia un rinzafo di malta sulla faccia interna del muro esterno al fine di garantire una maggiore stabilità muraria.
- 4) Posa dello strato di coibentazione orizzontale ad alta densità con adeguata protezione del lato superiore contro abrasioni e usura. Se il materiale isolante è in lastre o pannelli è necessario garantire, durante la posa, la perfetta complanarità e continuità tra un modulo e l'altro.
- 5) Getto e realizzazione degli strati di completamento della copertura orizzontale con particolare attenzione all'impermeabilizzazione e allo scolo delle acque piovane.
- 6) Posa e fissaggio dello strato di coibentazione verticale in intercapedine. Se il materiale isolante è in lastre o pannelli è necessario garantire, durante la posa, la perfetta complanarità e continuità tra un modulo e l'altro. In caso di interruzioni puntuali della tessitura muraria per il passaggio di canali e/o impianti sarà necessario mantenere il più possibile la continuità di isolamento termico e acustico.
- 7) Posa e ancoraggio dello strato interno della muratura a quello esterno.
- 8) Posa e regolarizzazione degli strati di finitura dell'intonaco esterno usando materiali e tecniche che abbinino in modo adeguato alla superficie di posa sottostante. Al fine di compensare gli spostamenti e le dilatazioni conseguenti all'eterogeneità dei materiali impiegati si consiglia di usare reti portaintonaco.
- 9) Realizzazione del massetto e degli strati di finitura della copertura orizzontale esterna
- 10) Posa degli strati di finitura e rivestimento delle superfici interne. La realizzazione delle finiture esterna ed interna deve essere eseguita secondo le specifiche prescrizioni indicate dal progettista e dalla D.L. con particolare attenzione alla livellatura e a garantire i requisiti di resistenza alle dilatazioni termiche.

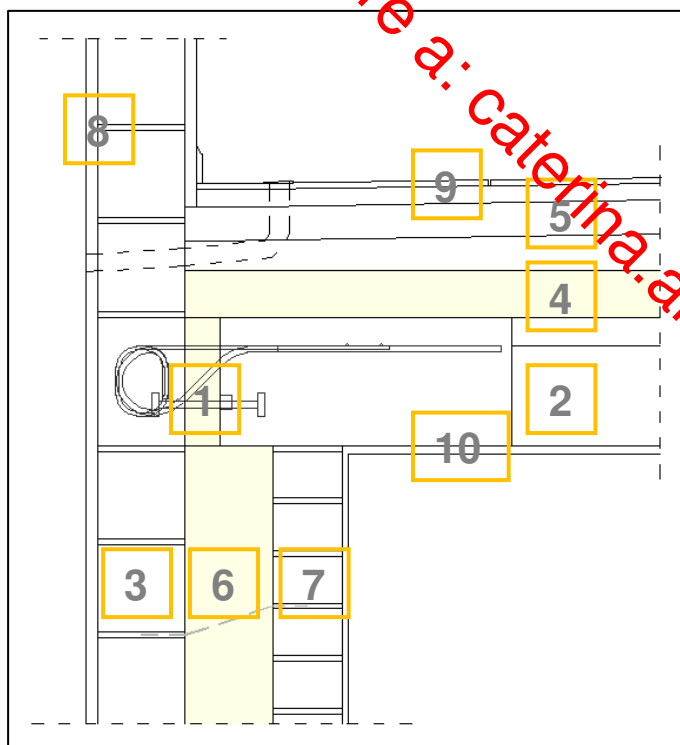


Figura C.1. indicazioni di posa

ESTRATTO - per approfondimenti scrivere a: [caterina.arno@gmail.com](mailto:caterina.arno@gmail.com)

FINITO DI STAMPARE IL: 31 MARZO 2014



ESTRATTO - per approfondimenti scrivere a: [caterina.arno@gmail.com](mailto:caterina.arno@gmail.com)