

S.r.l.  
via Stoppani 28  
25126 Brescia

**Oggetto: Prima valutazione energetica dell'edificio ospitante il Liceo delle Scienze Umane "Fabrizio De André" e possibili interventi per il miglioramento della trasmittanza termica delle principali superfici disperdenti verticali (tamponature ed infissi).**

## **Introduzione**

Scopo della presente relazione è, a seguito del sopralluogo dell'edificio in oggetto e delle prime valutazioni emerse, poter dare alcune indicazioni relativamente ai possibili interventi per il miglioramento della trasmittanza termica delle principali superfici disperdenti verticali, in particolare tamponature ed infissi.

In una seconda fase, che richiederà un'analisi più approfondita del sistema edificio-impianto termico, verranno analizzate le possibili strategie, di cui la riduzione della trasmittanza termica delle superfici disperdenti sarà parte fondante, per raggiungere l'obiettivo dell'abbattimento di due classi energetiche.

## **Descrizione delle principali superfici disperdenti verticali**

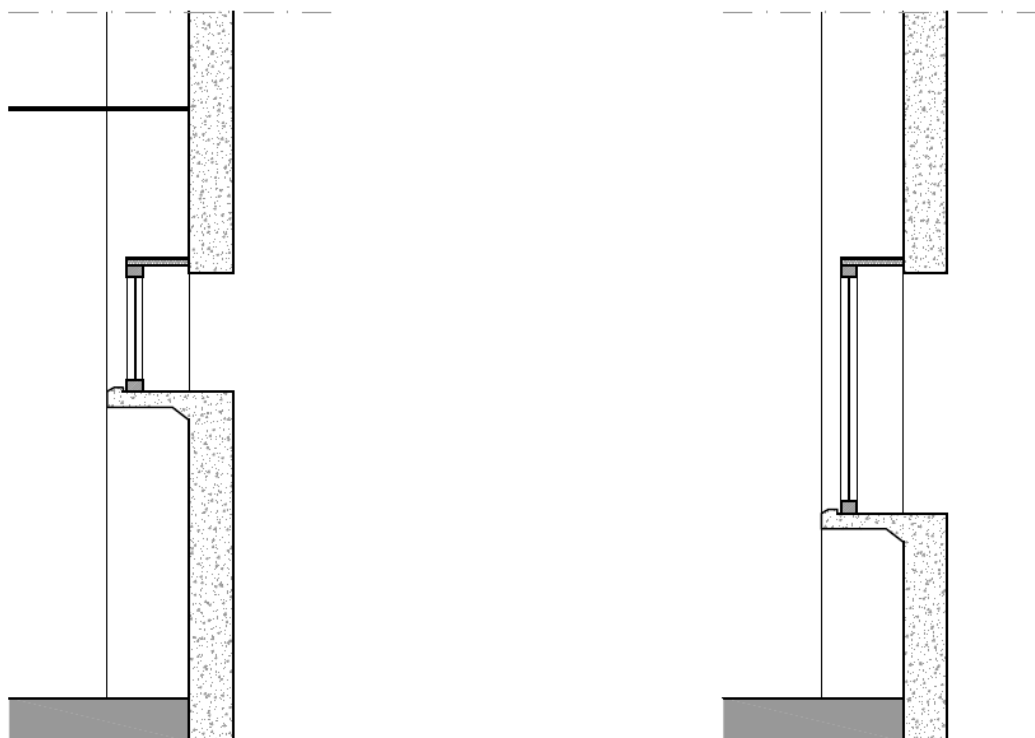
L'edificio originario, successivamente ampliato, che ospita il Liceo delle Scienze Umane "Fabrizio De André", ex distaccamento del Liceo Gambara e autonomo dall'anno scolastico 2010/2011, è risalente agli anni '70 quando ancora ospitava la scuola media "Luca Marenzio".

La struttura portante è composta da un telaio in c.a. con tamponamenti prefabbricati e solai in tegoli prefabbricati. La copertura del corpo centrale è piana a doppia altezza mentre quella dei quattro corpi laterali, disposti lungo gli assi nord-est/sud-ovest e nord-ovest/sud-est, è a falde inclinate.

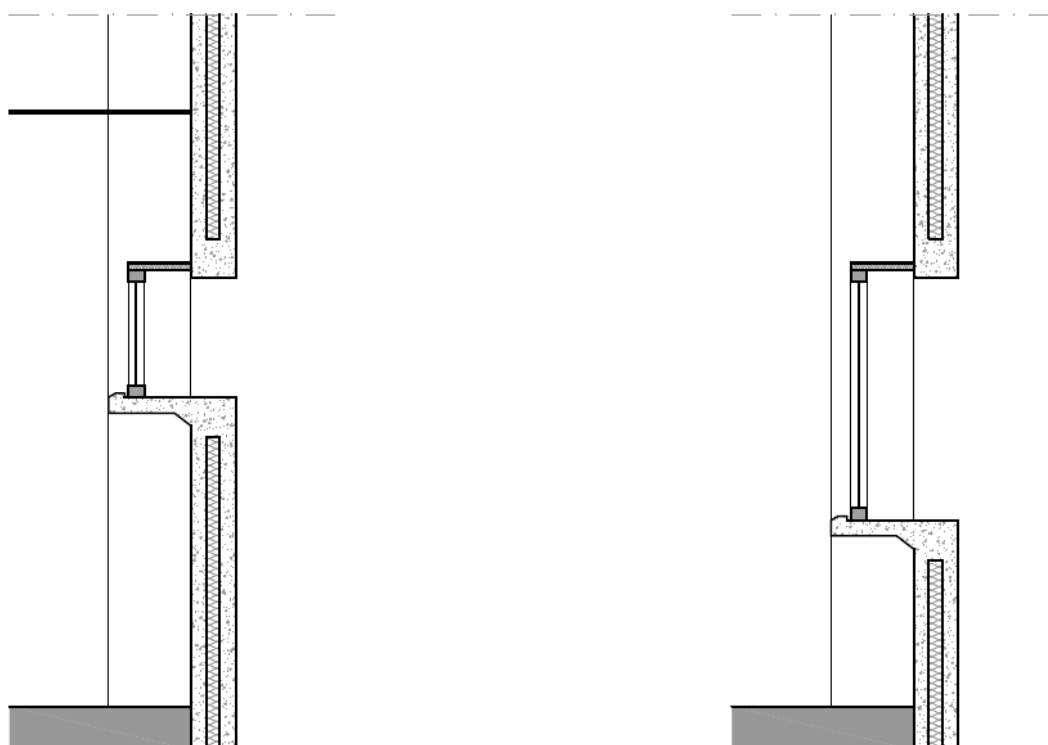
I serramenti trasparenti, prevalentemente a nastro, sono in metallo senza taglio termico e con vetro singolo semplice. La copertura del corpo centrale presenta 16 grandi lucernari e un lucernario di dimensioni inferiori.

Non essendo ancora stato eseguito un carotamento dei tamponamenti esterni non è ancora possibile definire con certezza se questi elementi prefabbricati abbiano al loro interno un'anima in polistirene espanso, possibilità verosimile dato che negli anni '70 si faceva già uso di tale tecnica per ridurre il peso degli stessi e risparmiare sui materiali. Nel dubbio si è proceduto ad un'analisi della trasmittanza sia nel caso di stratigrafia interamente in c.a., sia nel caso di pacchetto costituito da c.a. con interposta anima in polistirene espanso da 7 cm.

Gli infissi, arretrati rispetto al filo interno dei tamponamenti, poggiano su una mensola creata nella parte superiore dei tamponamenti stessi e sono chiusi nella parte superiore da due pannelli in truciolare laminato con interposta fibra sintetica.



**Immagine 1:** sezione tipo con tamponamento prefabbricato interamente in c.a. (aule destra e corridoi sinistra)



**Immagine 2:** sezione tipo con tamponamento prefabbricato in c.a. con interposta anima in polistirene espanso (aule destra e corridoi sinistra)

Di seguito è riportato il calcolo della trasmittanza delle principali superfici disperdenti verticali opache (tamponamenti).

Comune		Zona Climatica	Provincia	Gradi Giorno
Brescia		E	BS	2410

Limiti temporali

2010

U limite

0,27

Calcolo della trasmittanza termica U e della resistenza termica R di pareti verticali							
strato	descrizione materiale	s m	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\rho s$ kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/m*K	R m <sup>2</sup> K/W	
	INTERNO						
	Adduttanza interna					0,130	
1	Cemento armato	0,2250	2400	540,000	2,300	0,098	
	Adduttanza esterna					0,040	
	ESTERNO						
Spessore TOT in metri =		0,225					
Risultati del calcolo							
					R	0,268	m <sup>2</sup> K/W
Parete non regolamentare!					U	3,734	W/m <sup>2</sup> K

**Tabella 1:** calcolo trasmittanza per tamponamento prefabbricato interamente in c.a.

Comune		Zona Climatica	Provincia	Gradi Giorno
Brescia		E	BS	2410

Limiti temporali

2010

U limite

0,27

Calcolo della trasmittanza termica U e della resistenza termica R di pareti verticali							
strato	descrizione materiale	s m	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\rho s$ kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/m*K	R m <sup>2</sup> K/W	
	INTERNO						
	Adduttanza interna					0,130	
1	Cemento armato	0,0750	2400	180,000	2,300	0,033	
2	Polistirene espanso in lastre 20 Kg/m3	0,0700	20	1,400	0,040	1,750	
3	Cemento armato	0,0800	2400	192,000	2,300	0,035	
	Adduttanza esterna					0,040	
	ESTERNO						
Spessore TOT in metri =		0,225					
Risultati del calcolo							
					R	1,987	m <sup>2</sup> K/W
Parete non regolamentare!					U	0,503	W/m <sup>2</sup> K

**Tabella 2:** calcolo trasmittanza per tamponamento prefabbricato in c.a. con interposta anima in polistirene espanso

Per la valutazione della trasmittanza delle principali superfici disperdenti verticali trasparenti (infissi) si è considerata una trasmittanza del telaio in metallo senza taglio termico ( $U_t$ ) pari a 5,5 W/m<sup>2</sup>K e una trasmittanza del vetro singolo semplice ( $U_g$ ) pari a 5,7 W/m<sup>2</sup>K (fattore solare 0,85) ottenendo una trasmittanza totale ( $U_w$ ) pari a 5,66 W/m<sup>2</sup>K.

**Possibili interventi per il miglioramento della trasmittanza termica delle principali superfici disperdenti verticali**

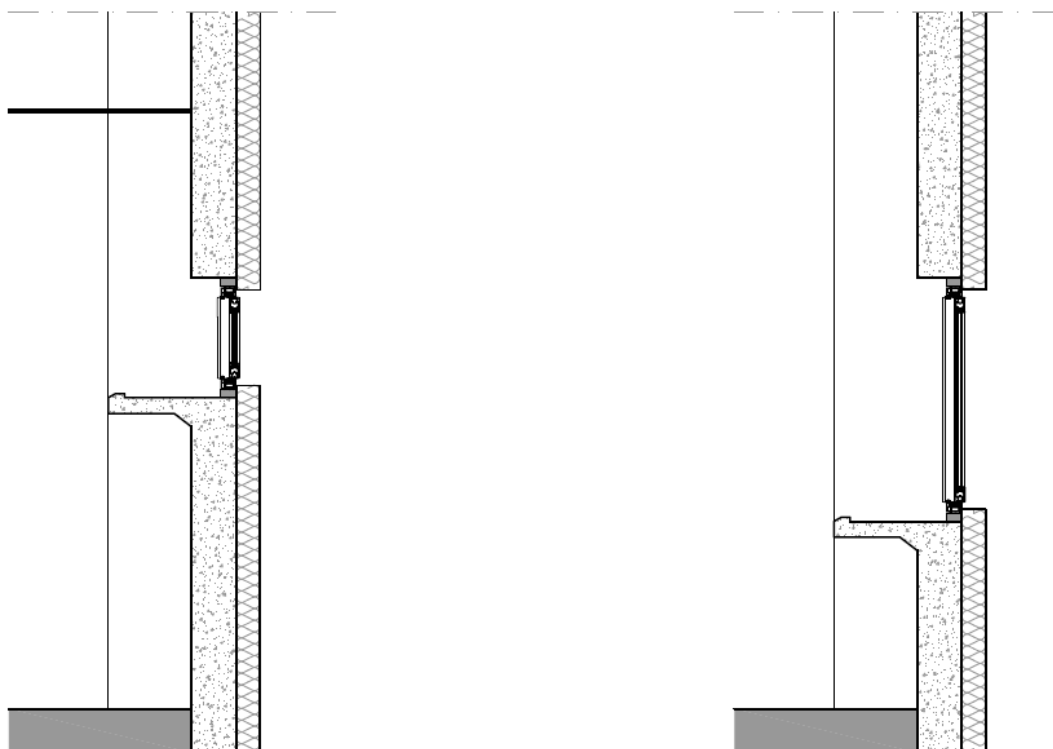
Sulla base di quanto visto nel paragrafo precedente relativamente all'analisi delle principali superfici disperdenti verticali esistenti e tenendo conto delle due ipotesi avanzate relativamente alla stratigrafia dei tamponamenti prefabbricati in c.a. (con o senza anima in polistirene espanso) e si è scelto di formulare due proposte per il miglioramento della trasmittanza di tali elementi e, nello specifico:

1. sostituzione dei serramenti in metallo senza taglio termico e vetro singolo semplice con serramenti in metallo con taglio termico (distanza minima di 20 mm fra sezioni opposte) e doppio vetro con rivestimento selettivo (distanziatore in PVC);
2. restauro dei coprifermo deteriorati e posa di un cappotto termico (di spessori differenti a seconda delle due ipotesi di partenza, vedi di seguito) all'estradosso dei tamponamenti prefabbricati in c.a.

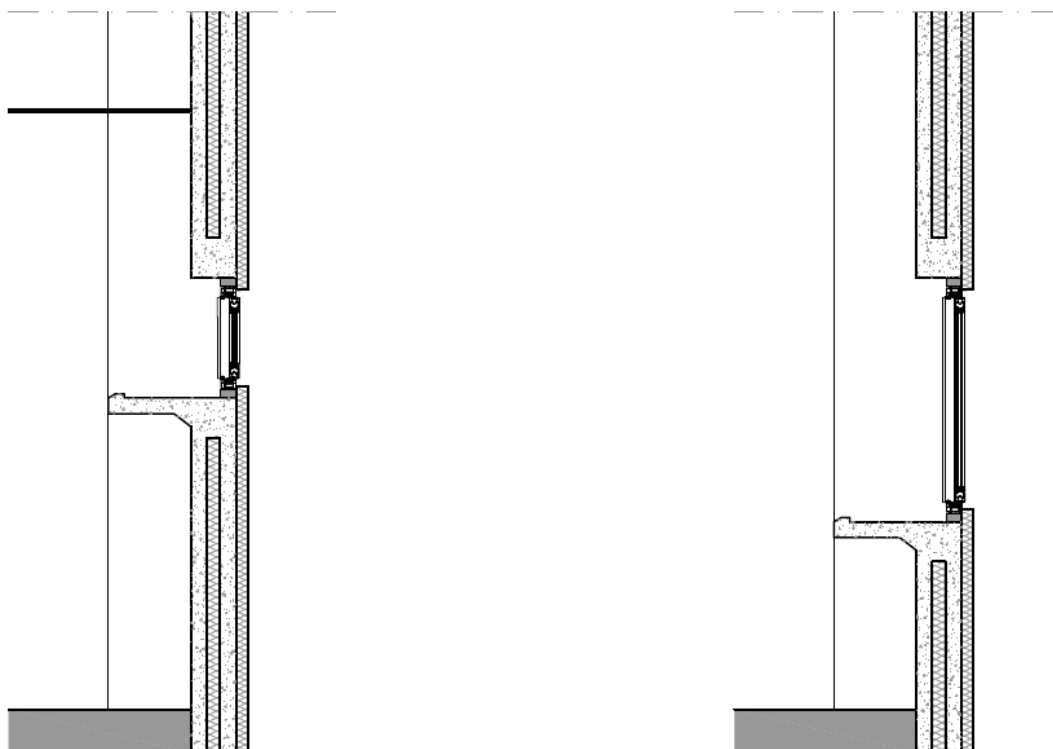
I nuovi serramenti verranno posati al limite del filo esterno dei tamponamenti.

Per la scelta dello spessore del cappotto termico si è preso come *target* il raggiungimento del valore soglia di trasmittanza di strutture opache verticali pari a  $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$  per gli edifici in zona climatica E, stabilito dal *D.M. 16 febbraio 2016 - Allegato I - Criteri di Ammissibilità degli Interventi* per l'accesso agli incentivi. Si precisa che tale valore è comunque più stringente rispetto al valore limite per la trasmittanza secondo la normativa vigente e valido a partire dal 1 gennaio 2010, riportato nell'allegato B del Decreto 11 marzo 2008 coordinato col Decreto 26 gennaio 2010 e pari a  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$  per gli edifici in zona climatica E.

Nel caso di tamponamento prefabbricato interamente in c.a. lo spessore minimo del cappotto termico è risultato essere pari a 15 cm, mentre per un tamponamento prefabbricato in c.a. con interposta anima in polistirene espanso da 7 cm. si riduce a 8 cm.



**Immagine 3:** sezione tipo con tamponamento prefabbricato interamente in c.a. e cappotto in EPS da 15 cm (aule destra e corridoi sinistra)



**Immagine 4:** sezione tipo con tamponamento prefabbricato in c.a. con interposta anima in polistirene espanso e cappotto in EPS da 8 cm (aule destra e corridoi sinistra)

Di seguito è riportato il calcolo della trasmittanza delle principali superfici disperdenti verticali opache (tamponamenti), così come modificate dall'intervento proposto.

Comune	Zona Climatica	Provincia	Gradi Giorno
Brescia	E	BS	2410

Limiti temporali **2010**  
U limite → **0,27**

Calcolo della trasmittanza termica U e della resistenza termica R di pareti verticali							
strato	descrizione materiale	s m	ρ kg/m³	ρs kg/m²	λ W/m*K	R m²K/W	
	INTERNO						
	Adduttanza interna					0,130	
1	Cemento armato	0,2250	2400	540,000	2,300	0,098	
1	Pannello EPS 120 Knauf	0,1500	20	3,000	0,035	4,286	
	Adduttanza esterna					0,040	
	ESTERNO						
Spessore TOT in metri =		0,375					
Risultati del calcolo							
					R	4,554	m² K/W
Parete regolamentare					U	0,220	W/m² K

**Tabella 3:** calcolo trasmittanza per tamponamento prefabbricato interamente in c.a. con cappotto in EPS da 15 cm

Comune	Zona Climatica	Provincia	Gradi Giorno
Brescia	E	BS	2410

Limiti temporali **2010**  
U limite → **0,27**

Calcolo della trasmittanza termica U e della resistenza termica R di pareti verticali							
strato	descrizione materiale	s m	ρ kg/m³	ρ s kg/m²	λ W/m*K	R m²K/W	
	INTERNO						
	Adduttanza interna					0,130	
1	Cemento armato	0,0750	2400	180,000	2,300	0,033	
2	Polistirene espanso in lastre 20 Kg/m3	0,0700	20	1,400	0,040	1,750	
3	Cemento armato	0,8000	2400	1920,000	2,300	0,348	
4	Pannello EPS 120 Knauf	0,0800	20	1,600	0,035	2,286	
	Adduttanza esterna					0,040	
	ESTERNO						
Spessore TOT in metri =		1,025					
Risultati del calcolo							
					R	4,586	m² K/W
Parete regolamentare					U	0,218	W/m² K

**Tabella 4:** calcolo trasmittanza per tamponamento prefabbricato in c.a. con interposta anima in polistirene espanso con cappotto in EPS da 8 cm

Per la valutazione della trasmittanza delle principali superfici disperdenti verticali trasparenti (infissi), così come modificate dall'intervento proposto, si è considerata una trasmittanza del telaio in metallo con taglio termico e distanza minima di 20 mm fra sezioni opposte ( $U_t$ ) pari a  $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  e una trasmittanza del doppio vetro con rivestimento selettivo e distanziatore in PVC ( $U_g$ ) pari a  $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  (fattore solare 0,63) ottenendo una trasmittanza totale ( $U_w$ ) pari a  **$2,48 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

## Conclusioni

La sostituzione dei serramenti in metallo senza taglio termico e vetro singolo semplice con serramenti in metallo con taglio termico e doppio vetro con rivestimento selettivo porta ad un dimezzamento della trasmittanza termica odierna e la posa di un cappotto termico all'estradosso dei tamponamenti porta anch'essa al dimezzamento della trasmittanza termica odierna nel caso di tamponamento prefabbricato in c.a. con interposta anima in polistirene espanso e ad una diminuzione della trasmittanza termica odierna superiore al 90% nel caso di tamponamento prefabbricato interamente in c.a.

Gli interventi proposti sono un primo *step* necessario per raggiungere l'obiettivo previsto dell'abbattimento di due classi energetiche dell'edificio in oggetto che richiederà, però, un'analisi più approfondita del sistema edificio-impianto termico e soluzioni più dettagliate che potrebbero non limitarsi esclusivamente ad una migliore coibentazione dell'involucro.

Gli interventi proposti rientrano nei *Criteri di Ammissibilità* stabiliti dal D.M. 16 febbraio 2016 - Allegato I e rispettano altresì la normativa vigente in materia di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica.

Brescia, 08 luglio 2016

