



## COMUNE DI DIANO D'ALBA Provincia di Cuneo

### BANDO TRIENNALE 2015-16-17 EDILIZIA SCOLASTICA - MUTUI

Ristrutturazione e riqualificazione di scuola dell'infanzia  
sita in Fraz. Valle Talloria - Diano d'Alba (CN)

### PROGETTO ESECUTIVO



OGGETTO: **RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA**

DATA: GENNAIO 2018

ALLEGATO: **A**

IL COMMITTENTE: **COMUNE DI DIANO D'ALBA**  
Via Umberto I, 22  
12055 Diano d'Alba (CN)

I PROGETTISTI: **Geom. Fabio GIROLAMETTI**  
Studio Girolametti S.r.l., Via Acqui n.13/A - Alba  
IL CAPOGRUPPO:

**Ing. Roberto FAVA**  
Studio Girolametti S.r.l., Via Acqui n.13/A - Alba

**secem**  
Società Cooperativa di Edilizia e  
di Energy Management

**Fabio Girolametti**  
Settore CIVILE  
n. 0032-SC-EGE-2016

*Fabio Girolametti*  
**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO**  
*Roberto Fava*  
**12051 Dott. Ing. Roberto Fava**



## Sommario

1. INQUADRAMENTO DELL'EDIFICIO.....	3
2. ANALISI NON INVASIVA – RILIEVO TERMOGRAFICO A INFRAROSSO .....	5
3. DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE.....	6
4. DESCRIZIONE DELLA DISPOSIZIONE DELL'EDIFICIO.....	7
5. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	9
6. RISULTATI OTTENIBILI .....	25
7. ACUSTICA.....	26
8. PROGETTO DELLA LUCE .....	32
9. INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI .....	34
9.1 RIFACIMENTO COPERTURA IN LEGNO E CANALIZZAZIONI PER LA RACCOLTA DELL'ACQUA PIOVANA.....	34
9.2 ABBATTIMENTO DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE .....	35
9.3 ADEGUAMENTO SCALA ANTINCENDIO ESTERNA.....	35
10. INDICAZIONI SULLA SICUREZZA.....	36
10.1PREMESSA .....	36
10.2 AVVERTENZE DI CARATTERE GENERALE.....	36
10.3 DESCRIZIONE DEI LAVORI.....	36
10.4 FASE DI PROGETTAZIONE DELL'OPERA.....	36
10.5 INDICAZIONI E DISPOSIZIONI CONTENUTE NEL PSC .....	38
10.6 METODO DI REDAZIONE E COMPOSIZIONE DEL PSC.....	40
10.7 FASCICOLO TECNICO DELL'OPERA .....	42
10.8 STIMA DEI COSTI MISURE DI PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI E TUTELA DELLA SALUTE (ART. 4 ALLEGATO XV DEL D.GLS N. 81/2008 E S.M.I.).....	42



## 1. INQUADRAMENTO DELL'EDIFICIO

Oggetto della seguente relazione è il *Progetto Esecutivo per "Ristrutturazione e riqualificazione di scuola dell'infanzia"* sita in Fraz. Valle Talloria – Diano d'Alba, Piazza Giuseppe Don Sarotti n.9" in rif. *Criteri generali per la redazione del piano triennale e dei piani annuali di edilizia scolastica 2015-16-17, in attuazione dell'art 10 del D.L. n. 104/2013 - Decreto Interministeriale MEF-MIUR-MIT del 21-1-2015 per interventi su edifici scolastici di proprietà pubblica sede di scuole statali dell'infanzia, primaria e secondaria di 1° e 2° grado.*

L'edificio scolastico, scuola dell'infanzia, (il cui anno di costruzione risale circa al 1970 e di ristrutturazione al 1985), è situato nella Frazione del Comune di Diano d'Alba denominata Valle Talloria, a 222 m sul livello del mare, in zona climatica E (2.930 gradi giorno) in zona sismica 4, e si affaccia sulla piazza Giuseppe Don Sarotti n.9.

Risulta censito al Catasto dei Fabbricati al Foglio n.5 particella n.19 ed è ricadente in zona "Ss – Aree per l'istruzione e per servizi di inter comune" del Piano Regolatore Generale Comunale vigente.

La struttura presenta un orientamento sull'asse longitudinale dell'edificio SudOvest-NordEst, mentre l'ingresso principale è collocato sul fronte Nord-Ovest. L'edificio ospita la scuola d'infanzia, la quale è frequentata anche da alunni provenienti da alcuni Comuni limitrofi.

Di seguito si riporta una fotografia aerea della zona in cui sorge l'edificio in oggetto; lo stesso è inoltre individuabile alle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 44°38'18.63"N

Longitudine: 8° 0'17.29"E

**Figura 1-** Vista aerea del fabbricato





**Figura 2-Vista** dell'edificio da cortile interno (lato est)



**Figura 3-Vista** ingresso e prospetto Nord



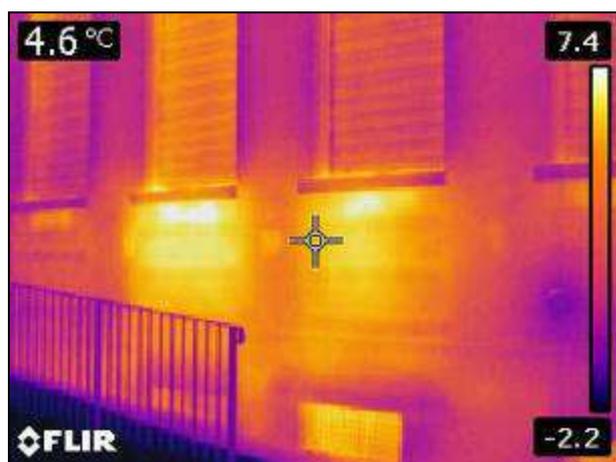


La struttura portante dell'edificio è così composta: al piano interrato sono presenti muri perimetrali e un muro centrale in cemento armato; ai piani superiori sono presenti travi e pilastri in c.a.; i solai sono formati da travetti prefabbricati e laterizi con getto collaborante. La copertura è composta da grossa e piccola orditura in legno.

I serramenti al momento sono per la maggior parte in legno con vetri doppi, alcuni in legno con vetro singolo e al piano interrato in ferro con vetro singolo. Il sistema di oscuramento è composto da avvolgibili in plastica.

## 2. ANALISI NON INVASIVA – RILIEVO TERMOGRAFICO A INFRAROSSO

Nell'ambito del Bando Edilizia Mutui 2015 – “Ristrutturazione e riqualificazione di scuola dell'infanzia” sita in Fraz. Valle Talloria, Diano d'Alba (CN), si è svolta un'analisi dello stato di fatto dell'edificio per quanto riguarda il suo comportamento energetico. Tale studio viene definito audit energetico. L'audit energetico prevede l'utilizzo di strumentazioni specifiche che consentono di conoscere alcuni valori caratteristici dell'edificio. Si è utilizzata la termo-camera che, essendo sensibile ai raggi infrarossi, definisce delle mappe di temperatura da cui si ricavano i punti critici in merito alla coibentazione delle pareti e alla presenza di ponti termici. Il rilievo termografico è stato svolto il 6/02/2015, una giornata invernale caratterizzata da basse temperature dell'aria esterna, che ha permesso di evidenziare i punti di maggiore dispersione termica dell'edificio. L'analisi termografica ha rilevato che le maggiori dispersioni termiche si hanno in corrispondenza dei serramenti e dei sottofinestra a causa della presenza dei corpi scaldanti. Inoltre è emersa la notevole dispersione termica negli angoli e in corrispondenza delle travi perimetrali. Inoltre si è messo in evidenza la mancanza di isolamento delle tubazioni dell'impianto termico. Di seguito si riportano alcune immagini dimostrative.



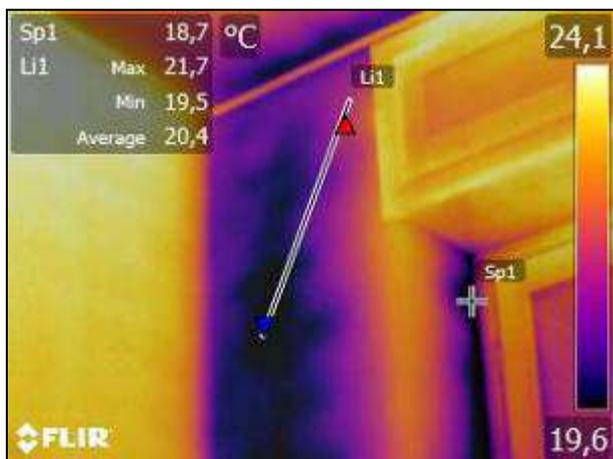
*Termogramma 01 – Vista lato Nord*

Si noti l'incremento delle dispersioni termiche in prossimità dei sottofinestra, dove sono installati i corpi scaldanti.



*Termogramma 02 – Vista interna lato Nord*

Si noti l'incremento delle dispersioni termiche in prossimità dei solai interpiano. Si riesce a distinguere anche la trama dei travetti che compongono il solaio.



**Termogramma 03 – Dettaglio cassonetto**  
 Si noti l'incremento delle dispersioni termiche in prossimità dei cassonetti non isolati termicamente.



**Termogramma 04 – Vista lato Est**  
 Particolare del prospetto Est e del locale caldaia.

### 3. DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE OPERE

Oggetto della presente sono opere di edilizia scolastica che non possono essere differite per esigenze di messa in sicurezza relative a risoluzione di gravi criticità in merito all'igiene degli ambienti scolastici, infiltrazioni dal tetto, abbattimento delle barriere architettoniche, adeguamento igienico-sanitario dei servizi igienici ed efficientamento energetico dell'edificio.

Gli interventi di cui sopra interessano un edificio di proprietà comunale che ospita un ordine di scuola statale, quella dell'infanzia, a servizio anche di altri Comuni limitrofi. Si può dunque affermare che i lavori in progetto sono di interesse intercomunale.

Il fabbricato di cui trattasi è suddiviso su tre piani, due fuori terra e un piano seminterrato, in buono stato strutturale ma con necessità di adeguamenti architettonici, igienici, di isolamento e di risparmio energetico. Lo stato di conservazione dell'edificio è complessivamente buono ma con necessarie opere di ristrutturazione di cui al presente progetto.

Le opere di cui trattasi prevedono essenzialmente la sostituzione e la messa a nuovo degli elementi che necessitano di un pronto intervento per rendere la struttura, dal punto di vista igienico e architettonico, più consona, al fine della buona salute degli alunni e dello stato di manutenzione e sicurezza della stessa.

L'intervento che si propone, riguarda la sostituzione dei serramenti esterni: i nuovi saranno caratterizzati da un telaio in legno e da una vetrocamera antisfondamento stratificata, basso-emissiva e acustica, che garantiscano maggiori requisiti di sicurezza, senza dimenticare i notevoli vantaggi dal punto di vista acustico e energetico. La vetrocamera, 4+4-0.76pvb – 20 argon - 6+6-0.76pvb, garantirà il rispetto dei parametri di trasmittanza previsti dalla Legge. I cassonetti e gli avvolgibili verranno sostituiti. I cassonetti esistenti sono difficili da pulire e spesso sono covo di insetti, polvere, ecc... quindi igienicamente inadatti ad un ambiente scolastico, inoltre non presentano alcun isolamento interno.

Di seguito si riportano le opere edili in progetto necessarie al conseguimento di quanto suesposto:



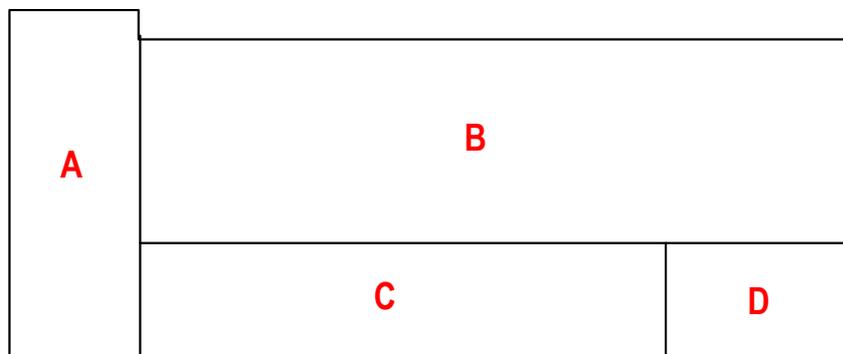
- Rimozione dei serramenti in legno deteriorati, falsi telai, davanzali, cassonetti e avvolgibili;
- Posa nuovi falsi telai e nuovi serramenti;
- Posa di nuovi cassonetti e avvolgibili;
- Installazione di impianto di ventilazione meccanica controllata al piano terra e primo;
- Adeguamento igienico sanitario bagni degli alunni e dei docenti;
- Fornitura e posa di montascale per il superamento delle barriere architettoniche e rifacimento della ringhiera esistente;
- Realizzazione cappotto interno in lana di roccia + pannello in gessofibra al piano seminterrato;
- Realizzazione cappotto esterno in EPS;
- Tinteggiatura interna di tutti i locali esistenti con intonaco lavabile;
- Installazione di bocchetta di ventilazione isolata in cucina al piano terra;
- Realizzazione di controsoffitto fonoassorbente con intercapedine di sp.18cm e pannello tipo Eurocoustic Tonga (lana di roccia rivestita da due veli di vetro decorativo o naturale) nei locali ai piani seminterrato, terreno e primo;
- Aggiunta di massetto armato e rivestimento in gomma antitrauma (come da normativa) al solaio del sottotetto del piano primo;
- Sostituzione di tutti le porte interne con altre nuove in pvc;
- Installazione di n.3 porte antincendio, dotate di maniglioni antipánico, di cui due al piano interrato ed una al piano primo;
- Sostituzione di serramento d'ingresso con portoncino blindato;
- Rifacimento della struttura di copertura in legno lamellare adeguatamente coibentata con riutilizzo dei coppi esistenti e sostituzione degli stessi per una quantità di circa il 30%;
- Installazione di linea vita in copertura;
- Posizionamento di velux in copertura;
- Posizionamento di impianto fotovoltaico (10 kW) in copertura rivolti a sud;
- Installazione di nuove gronde, pluviali e comignoli;
- Installazione di piastre radianti elettriche per riscaldamento del locale sottotetto adibito a deposito;
- Adeguamento della scala antincendio esterna mediante sostituzione dei pannelli verticali di protezione e riverniciatura;
- Sostituzione di caldaia esistente con altra a condensazione a 4 stelle per riscaldamento e acqua calda sanitaria;
- Installazione di termovalvole e contabilizzatori su ciascuno dei radiatori esistenti;
- Rimozione di boiler esistenti;
- Sostituzione di tutte le luci interne ed esterne con lampade a led a basso consumo;
- Installazione di sistema di ombreggiamento esterno sui serramenti delle aule esposte a sud.

#### 4. DESCRIZIONE DELLA DISPOSIZIONE DELL'EDIFICIO



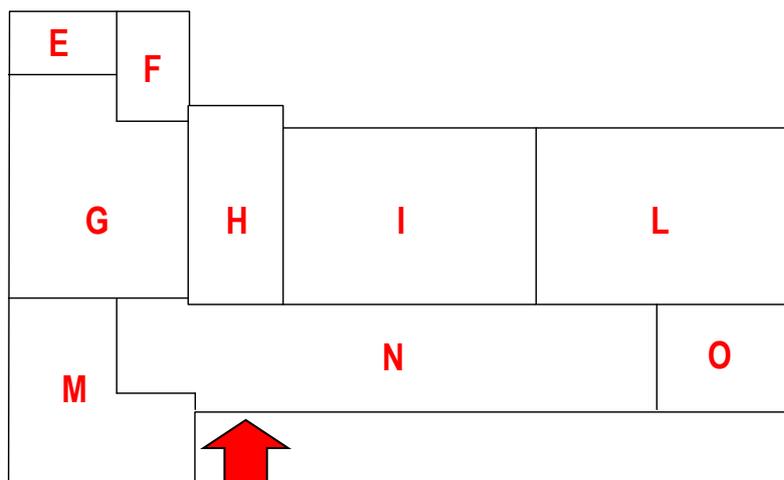
I piani sono così distribuiti:

### PIANO SEMINTERRATO



- Vano scala (A)
- Locale deposito (B), con annessi servizi igienici (D)
- Locale uso disimpegno (C)

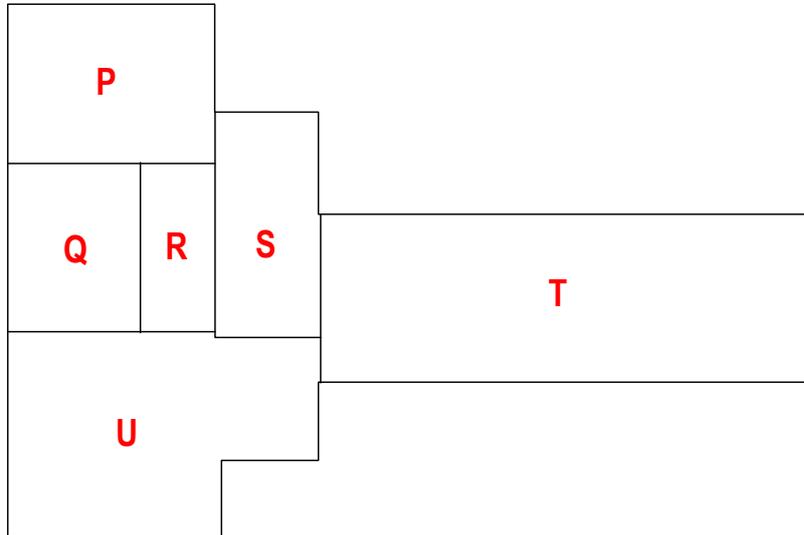
### PIANO RIALZATO



- Locali ad uso deposito (E) (F)
- Locale adibito a dormitorio (G)
- Aula attività ordinate (I)
- Mensa attività libere (L)
- Servizi igienici (M)
- Spazio connettivo (N)
- Cucina (O)



## PIANO PRIMO



- Aula multimediale (P)
- Servizi igienici (Q)
- Disimpegno (R), Aula gioco (U) e sottotetto (T)

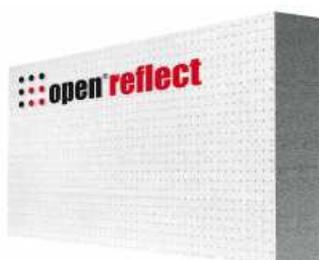
## 5. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

- Isolamento delle pareti esterne mediante cappotto esterno

Dal punto di vista energetico il miglior sistema di isolamento termico è l'isolamento "a cappotto", in quanto contribuisce all'accumulo di calore in inverno e alla riduzione del surriscaldamento estivo per la capacità di accumulare calore, mantenendo gradevole la temperatura ambiente interna. L'isolamento esterno limita inoltre la possibilità di formazione della condensa interstiziale, dovuta all'umidità relativa presente all'interno degli spazi abitativi, perché non genera superfici fredde all'interno della stratigrafia dell'involucro; inoltre, il sistema a cappotto, a differenza di quello in intercapedine, garantisce un completo isolamento in quanto riduce i ponti termici.

Perciò si è deciso di applicare sulla faccia esterna della parete un pannello in polistirolo espanso sinterizzato EPS con grafite del tipo *Open Reflect*, avente spessore di 20 cm.

Tale pannello è in grado di raggiungere un potere termoisolante di circa il 20% superiore rispetto ai sistemi tradizionali. Il pannello è realizzato in polistirene espanso di colore grigio e contiene sostanze riflettenti all'infrarosso. La superficie del pannello è inoltre rivestita da uno strato di finitura di colore bianco, per ridurre l'assorbimento dei raggi UV. La conducibilità termica dichiarata è di 0,031W/mK; il fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu < 10$ ; comportamento al fuoco E secondo EN 13501-1.



Pannello in EPS per cappotto

Per lo zoccolo e la parte della facciata esposta agli spruzzi d'acqua (50 cm dal piano di campagna) sarà impiegato un pannello specifico per tale applicazione in polistirene espanso estruso (XPS).

Si prevede inoltre di stendere come finitura esterna una membrana endotermica tipo ThermoShield.

Come funziona il sistema:

#### IN REGIME ESTIVO:

- Applicato in Primavera o in Estate, il prodotto, trasporta molto lentamente verso l'esterno l'acqua assorbita negli anni dalle pareti; sulla superficie si crea un effetto di evaporazione. L'eccessivo calore viene così efficacemente eliminato dalle pareti interne. Affinché questi processi possano avvenire senza problemi, il rivestimento viene protetto dal degrado attraverso la rifrazione dei componenti dannosi dei raggi solari. Le "Bollicine" ed il legante interagiscono contro il surriscaldamento delle facciate per effetto del sole, indipendentemente dalla tonalità del rivestimento. Il risultato che si ottiene è una sensibile riduzione della temperatura nella costruzione ed un risparmio energetico per il minor uso di climatizzatori estivi.

#### IN REGIME INVERNALE:

- Nel periodo invernale l'applicazione della membrana permette alla parete di asciugarsi in modo da diventare un eccellente immagazzinatore di calore, infatti solo una superficie asciutta si riscalda. Di conseguenza all'interno della costruzione è meno necessario l'uso del riscaldamento in quanto "la parete immagazzinatrice" è sufficientemente riscaldata e si raffredda più lentamente.

Inoltre, l'elevata elasticità assicura resistenza agli agenti inquinanti come smog, piogge acide, salsedine, ozono e raggi UV ed impedisce per molto tempo la formazione di fessure per secchezza o invecchiamento.

Dopo l'asciugatura, il rivestimento si polimerizza in una struttura resistente, elastica, spessa ma anche traspirante, di circa 3 mm.

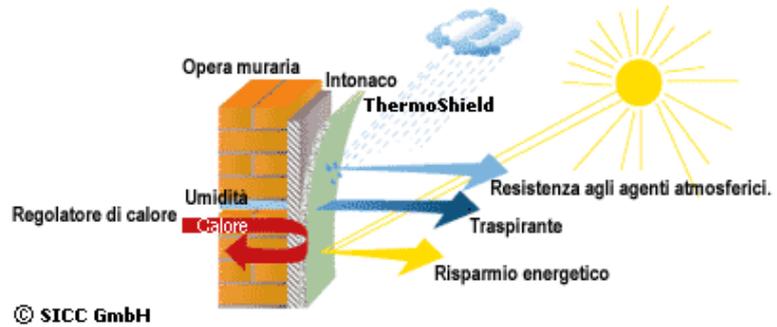
Le microsferiche "filtrano" il flusso termico in una zona infrarossa a bassa temperatura e riflettono e disperdono fino al 25% di calore. Le superfici del rivestimento irradiano tre volte meno il calore, ad esempio di tegole o cemento ( $\beta = 0.25$ ). La traspirazione del rivestimento con sufficiente elevata capacità di evaporazione garantisce che il materiale edile resti asciutto ed aumenta l'effettiva resistenza al calore. La perdita di calore si riduce di fatto dal 7 al 9 per cento.

Il rivestimento ha la proprietà di distribuire il calore in modo uniforme su tutta la superficie della costruzione.



Il rivestimento (da 0.30 a 0.35 mm) prolunga fino a circa il 31% la durata dello scambio di calore tra la fonte e l'ambiente fino a raggiungere una temperatura stabile.

In un ambiente con termoregolazione ben protetto il risparmio energetico raggiunge circa il 22%



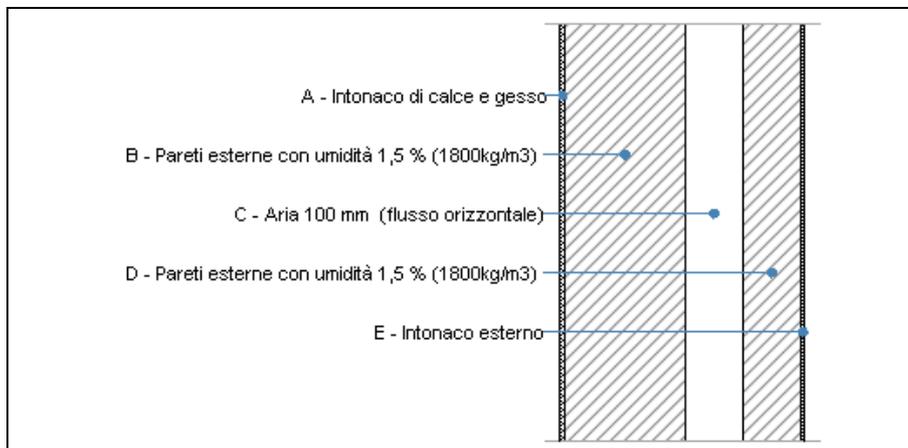
Schema di funzionamento della membrana endotermica



## Stratigrafia dell'elemento opaco verticale allo stato di fatto:

### DATI DELLA STRUTTURA

Tipologia: Parete  
 Disposizione: Verticale  
 Disperde verso: Esterno  
 Spessore: 510,0 mm  
 Trasmissione U: 1,146 W/(m<sup>2</sup>K)  
 Resistenza R: 0,872 (m<sup>2</sup>K)/W  
 Massa: 666 Kg/m<sup>2</sup>



### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m <sup>2</sup> K)/W]	Densità ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ <sub>a</sub> [-]	Fattore μ <sub>u</sub> [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso	10,0	0,700	0,014	1.400	0,84	11,1	11,1
B	Pareti esterne con umidità 1,5 % (1800kg/m <sup>3</sup> )	250,0	0,800	0,313	1.800	0,84	5,6	5,6
C	Aria 100 mm (flusso orizzontale)	120,0	0,560	0,214	1	1,00	1,0	1,0
D	Pareti esterne con umidità 1,5 % (1800kg/m <sup>3</sup> )	120,0	0,800	0,150	1.800	0,84	5,6	5,6
E	Intonaco esterno	10,0	0,900	0,011	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	510,0		0,872				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

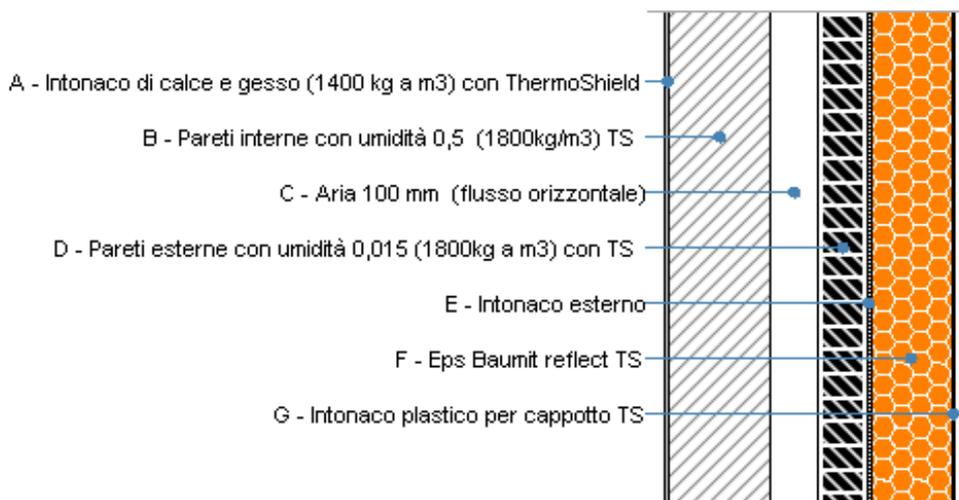
Comune:	Diano d'Alba	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	1,146 W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>lim</sub> :	0,386 W/(m <sup>2</sup> K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Piemonte Stralcio di Piano DPR 59

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO



## Calcolo del valore U con l'applicazione di cappotto esterno:



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

### DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: M02\_Parete vs esterno cappotto (Progetto)

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Esterno	Spessore:	720,0 mm
Trasmittanza U:	0,117 W/(m <sup>2</sup> K)	Resistenza R:	8,574 (m <sup>2</sup> K)/W
Massa superf.:	669 Kg/m <sup>2</sup>	Colore:	Chiaro
Area:	- m <sup>2</sup>		

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m <sup>2</sup> K)/W]	Densità ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ <sub>a</sub> [-]	Fattore μ <sub>u</sub> [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3) con ThermoShield	10,0	0,490	0,020	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Pareti interne con umidità 0,5 (1800kg/m3) TS	250,0	0,504	0,496	1.800	0,84	5,6	5,6
C	Aria 100 mm (flusso orizzontale)	120,0	0,560	0,214	1	1,00	1,0	1,0
D	Pareti esterne con umidità 0,015 (1800kg a m3) con TS	120,0	0,560	0,214	1.800	0,84	5,6	5,6
E	Intonaco esterno	10,0	0,900	0,011	1.800	1,00	16,7	16,7
F	Eps Baumit reflect TS	200,0	0,027	7,407	16	0,84	10,0	10,0
G	Intonaco plastico per cappotto TS	10,0	0,248	0,040	1.300	0,84	32,0	32,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	720,0		8,574				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Diano d'Alba	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,117 W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>lim</sub> :	0,386 W/(m <sup>2</sup> K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Piemonte Stralcio di Piano DPR 59

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK



- Isolamento delle pareti del piano seminterrato mediante cappotto interno

Al piano seminterrato si è voluto intervenire isolando la struttura esistente in cemento armato creando un cappotto interno.

All'attuale muratura costituita unicamente da cemento armato viene applicato un pannello in lana di roccia avente densità pari a 70 kg/mc, una barriera al vapore tipo *Riwega USB Micro 100/20*, idrorepellente ma traspirante. Come strato di finitura viene applicato un pannello in gessofibra tipo *Fermacell* dello spessore di 12,5 mm, composto per l'80% da gesso e per il 20% di fibra di cellulosa ricavata da carta di giornale riciclata.



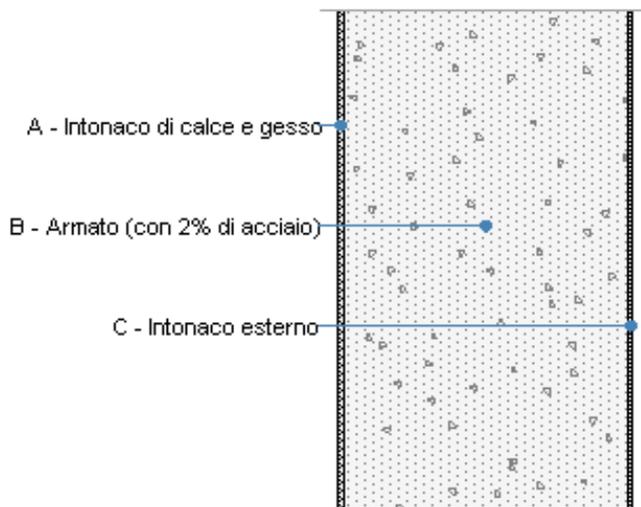
Pannello in lana di roccia per cappotto interno



Pannello in gessofibra per cappotto interno



## Stratigrafia dell'elemento opaco verticale allo stato di fatto:



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

### DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: M03\_Parete vs esterno in c.a. sp.60

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Da zona non riscaldata verso esterno	Spessore:	600,0 mm
Trasmittanza U:	2,340 W/(m <sup>2</sup> K)	Resistenza R:	0,427 (m <sup>2</sup> K)/W
Massa superf.:	1.392 Kg/m <sup>2</sup>	Colore:	Chiaro
Area:	- m <sup>2</sup>		

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m <sup>2</sup> K)/W]	Densità ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ <sub>a</sub> [-]	Fattore μ <sub>u</sub> [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso	10,0	0,700	0,014	1.400	0,84	11,1	11,1
B	Armato (con 2% di acciaio)	580,0	2,500	0,232	2.400	1,00	130,0	80,0
C	Intonaco esterno	10,0	0,900	0,011	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	600,0		0,427				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/W

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

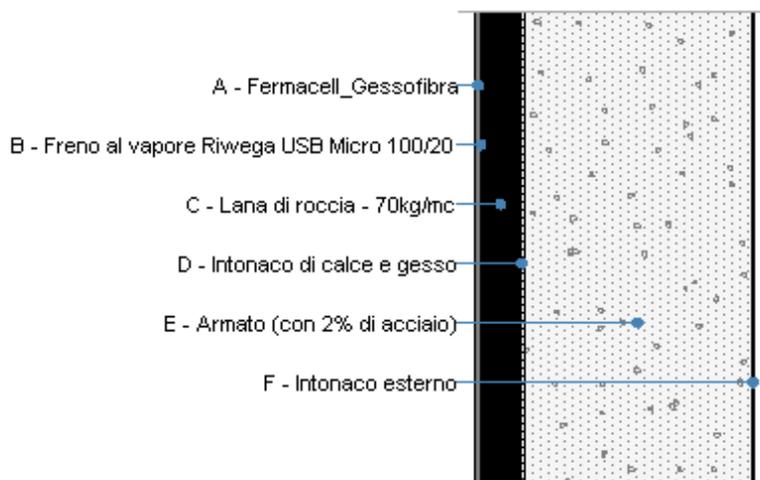
Comune:	Diano d'Alba	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	2,340 W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>lim</sub> :	0,386 W/(m <sup>2</sup> K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Piemonte Stralcio di Piano DPR 59

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO



## Calcolo del valore U con l'applicazione di cappotto interno:



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

### DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: M03\_Parete vs esterno in c.a. sp.60 + cappotto

Note:

Tipologia:	Parete	Disposizione:	Verticale
Verso:	Da zona non riscaldata verso esterno	Spessore:	712,9 mm
Trasmittanza U:	0,300 W/(m <sup>2</sup> K)	Resistenza R:	3,338 (m <sup>2</sup> K)/W
Massa superf.:	1.413 Kg/m <sup>2</sup>	Colore:	Chiaro
Area:	- m <sup>2</sup>		

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m <sup>2</sup> K)/W]	Densità ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ <sub>a</sub> [-]	Fattore μ <sub>u</sub> [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Fermacell_Gessofibra	12,5	0,352	0,036	1.150	1,10	13,0	13,0
B	Freno al vapore Riwega USB Micro 100/20	0,4	0,024	0,018	238	1,70	42.857,0	42.857,0
C	Lana di roccia - 70kg/mc	100,0	0,035	2,857	70	1,03	1,0	1,0
D	Intonaco di calce e gesso	10,0	0,700	0,014	1.400	0,84	11,1	11,1
E	Armato (con 2% di acciaio)	580,0	2,500	0,232	2.400	1,00	130,0	80,0
F	Intonaco esterno	10,0	0,900	0,011	1.800	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	712,9		3,338				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Diano d'Alba	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,300 W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>lim</sub> :	0,386 W/(m <sup>2</sup> K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Piemonte Stralcio di Piano DPR 59

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK



- Isolamento della copertura

Il solaio di copertura rappresenta uno dei nodi cruciali dell'involucro edilizio sia per quanto riguarda le dispersioni termiche invernali che, soprattutto, per le problematiche relative al surriscaldamento estivo. L'incidenza della copertura nel bilancio energetico globale è pari a quasi il 30% dell'intero involucro.

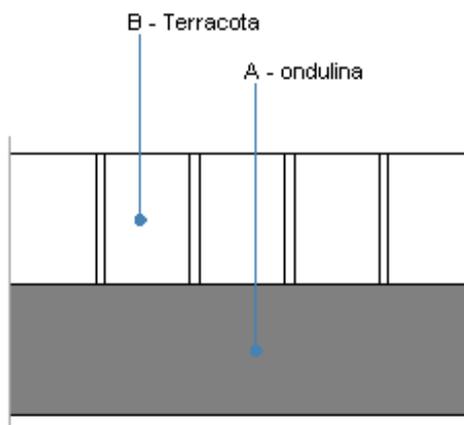
I vantaggi che si possono raggiungere in una copertura isolata sono:

- Controllo del flusso di calore in entrata ed uscita attraverso la presenza di uno strato isolante;
- Controllo dell'impermeabilità dell'acqua per mezzo dell'elemento di tenuta.

Per quanto riguarda la scelta da operare su questo progetto si è ipotizzato di creare un pacchetto di copertura tale da soddisfare i requisiti termici come richiesto da normativa. La struttura risulta costituita da un doppio assito in legno dello spessore totale di 6cm, una barriera al vapore tipo *Riwega DS 48 1100 PP*, un doppio pannello in fibra di legno tipo *Pavatherm Plus Naturalia Bau* sp.8cm e un pannello tipo *Pavatex Isolair* di spessore 2cm, che assicurano un notevole isolamento termico e anche una buona risposta acustica grazie alla struttura porosa dei pannelli e all'elevata densità offrendo una straordinaria protezione estiva al calore grazie all'elevata capacità di accumulo del calore. Inoltre verrà posizionato un telo antigoccia tipo *Stamisol Eco*, in poliacrilato aperto alla diffusione, il quale respira, protegge e funziona come un regolatore: l'umidità presente nell'edificio può fuoriuscire verso l'esterno sotto forma di vapore acqueo attraverso il sottotetto e contemporaneamente la pioggia non può penetrare all'interno attraverso la membrana. Tale telo migliora perciò il benessere fisico di coloro che vi abitano, fa risparmiare energia e protegge la costruzione in modo duraturo dagli influssi atmosferici. Di seguito la stratigrafia della copertura appena descritta.



## Stratigrafia dell'elemento opaco inclinato allo stato di fatto:



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

### DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: C02\_Copertura esistente

Note:

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	20,0 mm
Trasmittanza U:	6,588 W/(m <sup>2</sup> K)	Resistenza R:	0,152 (m <sup>2</sup> K)/W
Massa superf.:	33 Kg/m <sup>2</sup>	Colore:	Chiaro
Area:	- m <sup>2</sup>		

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m <sup>2</sup> K)/W]	Densità ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ <sub>a</sub> [-]	Fattore μ <sub>u</sub> [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	ondulina	10,0	5,610	0,002	1.333	1,00	20.000,0	20.000,0
B	Terracotta	10,0	1,000	0,010	2.000	0,80	40,0	30,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	20,0		0,152				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

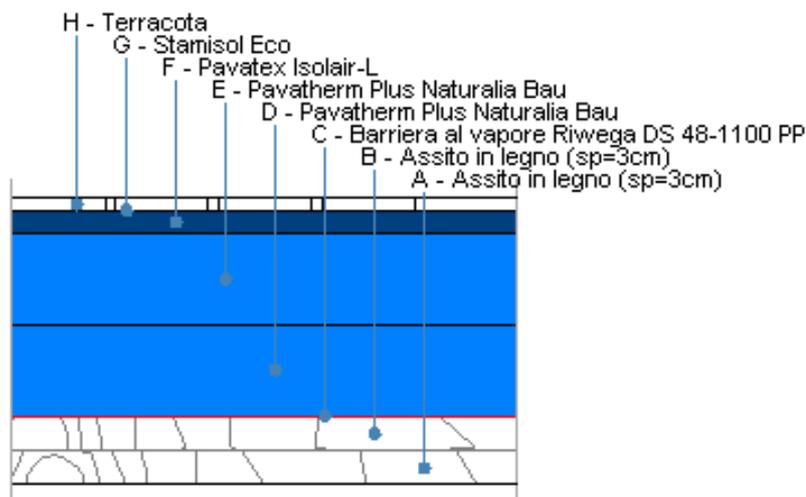
Comune:	Diano d'Alba	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	6,588 W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>lim</sub> :	0,351 W/(m <sup>2</sup> K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Piemonte Stralcio di Piano DPR 59

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO



## Calcolo del valore U della nuova copertura:



Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

### DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: C01\_Copertura progetto

Tipologia:	Copertura	Disposizione:	Orizzontale
Verso:	Esterno	Spessore:	251,5 mm
Trasmittanza U:	0,258 W/(m <sup>2</sup> K)	Resistenza R:	3,877 (m <sup>2</sup> K)/W
Massa superf.:	98 Kg/m <sup>2</sup>	Colore:	Chiaro
Area:	- m <sup>2</sup>		

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m <sup>2</sup> K)/W]	Densità ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ <sub>a</sub> [-]	Fattore μ <sub>u</sub> [-]
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Assito in legno (sp=3cm)	30,0	0,180	0,167	710	2,40	44,4	44,4
B	Assito in legno (sp=3cm)	30,0	0,180	0,167	710	2,40	44,4	44,4
C	Barriera al vapore Riwega DS 48-1100 PP	1,1	0,170	0,006	1.000	0,84	138,20 0,0	138,20 0,0
D	Pavatherm Plus Naturalia Bau	80,0	0,053	1,509	180	2,10	5,0	5,0
E	Pavatherm Plus Naturalia Bau	80,0	0,053	1,509	180	2,10	5,0	5,0
F	Pavatex Isolair-L	20,0	0,056	0,357	240	2,10	5,0	5,0
G	Stamisol Eco	0,4	0,035	0,011	800	0,46	225,0	225,0
H	Terracotta	10,0	1,000	0,010	2.000	0,80	40,0	30,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	251,5		3,877				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	Diano d'Alba	Zona climatica:	E
Trasmittanza della struttura U:	0,258 W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>lim</sub> :	0,351 W/(m <sup>2</sup> K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Regione Piemonte Stralcio di Piano DPR 59

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK



- Sostituzione dei serramenti

Una delle strutture che più contribuiscono alla dispersione di calore è costituita dai serramenti, per i quali è possibile intervenire sia cambiando solo la componente vetrata che tutto il serramento, a seconda della fattibilità dell'intervento e delle condizioni del telaio esistente.

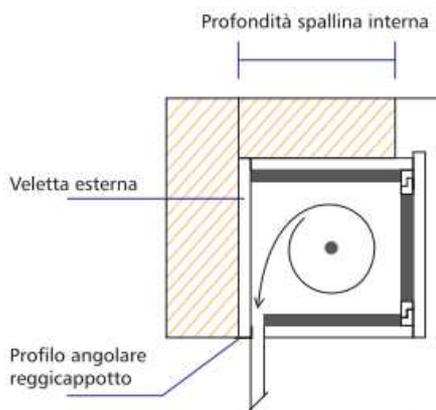
In questo caso si è ipotizzata per l'edificio in esame la sostituzione dei serramenti esterni di tutti i piani con nuovi serramenti in legno caratterizzati da un valore di trasmittanza non superiore a 1,80 W/m<sup>2</sup>K.



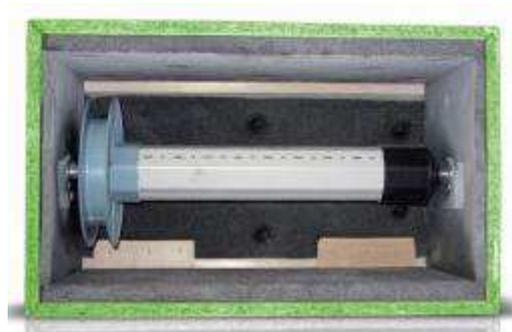
Esempio di nuovo serramento in legno.

- Sostituzione di cassonetti e avvolgibili

Si prevede di sostituire tutti i cassonetti e gli avvolgibili con nuovi elementi adeguatamente coibentati.



Esempio di cassonetto coibentato visto in sezione.



Vista di esempio di cassonetto coibentato.



- Sostituzione del generatore di calore

Un importante miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio si può avere migliorando il rendimento di produzione del sistema di generazione dell'energia, attraverso la sostituzione del generatore di calore.

L'impianto in esame è caratterizzato dalla presenza di generatore di calore atmosferico a condensazione, da circa 33 kW adibito al solo riscaldamento, in quanto la produzione di acqua calda sanitaria è ottenuta dai boiler elettrici esistenti.

Si prevede la mera sostituzione del generatore di calore con una nuova caldaia a condensazione avente scambiatore termico in alluminio-silicio, categoria \*\*\*\* (4 stelle), funzionante a gas metano, caratterizzata da alti rendimenti e basse emissioni inquinanti, di potenza totale circa 33kW. La sostituzione permette di abbinare la produzione di riscaldamento e ACS a un'unica caldaia, andando così a eliminare i boiler elettrici.

La regolazione di tipo climatico consentirà inoltre di ottimizzare la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne. La caldaia sarà installata in locale realizzato nel rispetto del D.M. 12/04/1996.

La caldaia e gli apparecchi accessori di sicurezza e controllo saranno di tipo marcato CE.

Verrà posta in opera, in sostituzione a quella esistente, una nuova canna fumaria idonea per il funzionamento di caldaia a condensazione.

L'impianto in centrale termica sarà dotato di tutte le apparecchiature di sicurezza e controllo previste dalla norma ISPEL in materia; inoltre è previsto l'adeguamento alla normativa vigente delle coibentazioni delle tubazioni correnti in centrale termica.

L'impianto di trattamento dell'acqua sarà conforme ai dettami del DPR 59/09.

- Installazione di valvole termostatiche e contabilizzazione del calore

Per una più efficiente gestione delle temperature interne ai locali si propone di installare valvole termostatiche a tutti i radiatori dei locali scolastici del piano terra che al momento ne sono privi.



Valvola termostatica tipo



Per assicurare la corretta ripartizione dei consumi si propone di installare i contabilizzatori a tutti i radiatori dei locali scolastici del piano terra.



Contabilizzatore tipo

- Installazione di sistema di monitoraggio dei consumi

Si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi energetici dell'edificio costituito da un analizzatore di energia con adeguato software di registrazione dei dati. L'analizzatore di energia è dotato di un display per la gestione dei comandi.



Esempio di analizzatore di energia

Il sistema hardware – software per il monitoraggio dei consumi energetici ha lo scopo di fornire un supporto nell'osservazione e nella comprensione delle dinamiche di consumo che caratterizzano l'edificio. Il sistema offre:

- Ripartizione dei consumi tra le diverse fonti di energia utilizzate (energia elettrica, combustibili di varia natura) in termini quantitativi ed economici;
- Analisi dell'andamento temporale dei consumi mensili per individuare componenti costanti, tendenze e stagionalità;
- Analisi dell'impatto dei principali impianti di utilizzazione dell'energia sui consumi totali;
- Analisi del profilo giornaliero dei consumi in particolari condizioni operative (estate/inverno, feriale/festivo, notte/giorno);



- Calcolo di indicatori di consumo da confrontare con valori di riferimento per evidenziare eventuali situazioni di consumo anomale;
- Previsione dei consumi energetici;
- Monitoraggio dei consumi energetici, per verificare nel tempo l'effetto degli interventi di riduzione degli stessi o per riscontrare tempestivamente anomalie di funzionamento.

- Ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore

L'ambiente scolastico può ospitare molte fonti di sostanze tossiche e allergeni, di cui i bambini non sono consapevoli. I bambini sono, inoltre, fisiologicamente molto più vulnerabili degli adulti in quanto il loro sistema immunitario è ancora immaturo, in quanto respirano velocemente e la concentrazione degli inquinanti è relativamente maggiore in un corpo di peso minore. I problemi respiratori e allergici, ovvero le malattie più diffuse tra i bambini, sono tra gli effetti clinici più comuni associati all'esposizione ai fattori presenti in aria indoor.

La consapevolezza della problematica di un corretto ricambio d'aria negli ambienti scolastici ha portato alla scelta di prevedere l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata.

Inoltre una scadente impermeabilità all'aria condiziona i consumi energetici degli edifici andando a ridurre notevolmente il benessere termico indoor sia d'inverno che d'estate; per questo motivo si è scelto di integrare la VMC con un recuperatore di calore, avente rendimento del 90%, che si ritiene indispensabile per edifici a basso consumo come sarà l'edificio scolastico dopo l'intervento proposto.

Le ripercussioni positive della VMC:

- in spazi ermetici (come ad esempio le aule scolastiche) la qualità dell'aria degrada molto velocemente. Una ventilazione meccanica consente di mantenere nel tempo la qualità dell'aria evitando pericolose concentrazioni di sostanze nocive indipendentemente dal comportamento degli utenti;
- riduce la componente delle dispersioni per ventilazione del bilancio termico. L'isolamento di un materiale termoisolante infatti, non aumenta proporzionalmente con l'aumento del suo spessore: una volta raggiunti spessori consistenti, in un clima temperato, ogni centimetro aggiuntivo non migliora sostanzialmente il fabbisogno termico. E' necessario pertanto agire sulla parte dalle dispersioni per ventilazione, limitando i ricambi d'aria manuali a favore di un sistema meccanizzato. In un sistema di ventilazione controllata con recuperatore il flusso di aria fresca e quello di aria viziata sono fatti passare attraverso il recuperatore in modo che il 90% del calore dell'aria aspirata all'interno sia ceduto all'aria fresca esterna. Per evitare di creare disturbi agli utenti che sostano nei locali, l'aria si muove con velocità molto bassa.

E' prevista la posa di un recuperatore di calore a flussi incrociati. La rete di distribuzione di tipo canalizzato sarà realizzata con materiali in classe 0-1 di reazione al fuoco. Certificazioni e/o omologazioni saranno da consegnare a fine lavori.



- Impianto fotovoltaico

Si prevede l'installazione in copertura, lungo la falda esposta a sud, di un impianto fotovoltaico con potenza di picco di 10kW. I pannelli verranno posizionati in aderenza alla falda e rivolti verso sud in modo da ottimizzare l'apporto di luce solare. Grazie a questo impianto la scuola potrà soddisfare parte del proprio fabbisogno di energia elettrica.



Esempio di installazione di impianto fotovoltaico

- Opere architettoniche interne

Si prevede di adeguare gli impianti igienico-sanitari mediante demolizione di tramezzi interni e realizzazione di nuova distribuzione dei bagni con creazione anche di bagno accessibile per portatori di handicap a tutti i piani del fabbricato.

Inoltre verranno realizzare tutte le tinteggiature interne ai locali mediante utilizzo di membrana termoceramica tipo Thermoshield Interior. Dopo l'applicazione si manifestano tutte le sue proprietà di membrana endotermica che garantiscono un buon isolamento termico sia estivo che invernale.

Dotata di permeabilità variabile, dona un effetto termico gradevole, non assorbe nicotina né sporczia e presenta un'altissima resistenza dei colori, inoltre è privo di solventi e non emette gas nocivi.

- Controsoffitto fonoassorbente

Si realizzerà un controsoffitto fonoassorbente in tutte le aule a destinazione d'uso scolastica mediante fissaggio di un pannello tipo Tonga in lana minerale.



Controsoffitto fonoassorbente tipo



- Deumidificazione elettrofisica delle murature

Le murature al momento presentano porzioni soggette a umidità di risalita. Per migliorare tale fenomeno si prescrive l'installazione di un sistema di deumidificazione elettrofisica per le opere murarie. È un apparato elettronico ad alta efficienza, affidabile, duraturo e con bassissimi livelli di consumo energetico. È progettato e costruito per garantire la massima sicurezza, nel più completo rispetto e in conformità delle Normative Europee in vigore.

Funziona con tecnologia a Risonanza di Impulsi: l'apparecchio trasmette un impulso che, misurato a una distanza di 50 cm dallo stesso, non è superiore a 0,02 µT. Gli impulsi risonanti agiscono solo ed esclusivamente sulle molecole d'acqua presenti nel materiale edile. Non sono coinvolti nel processo altre sostanze né organismi viventi.

Azione di deumidificazione: il campo d'azione ha forma sferica, possiede raggio d'azione di 20 metri, in ogni direzione. Il campo rimane costante. Il sistema non prevede l'uso di sostanze chimiche né di complesse tecnologie ausiliarie. Non arreca alcun disturbo agli esseri umani, agli animali né a nessun altro organismo vivente. Non sono necessari interventi sulla struttura muraria. Non arreca alcun danno a nessun materiale edile. Grazie alla sua modularità, il sistema è ideale anche per opere murarie particolarmente grandi.

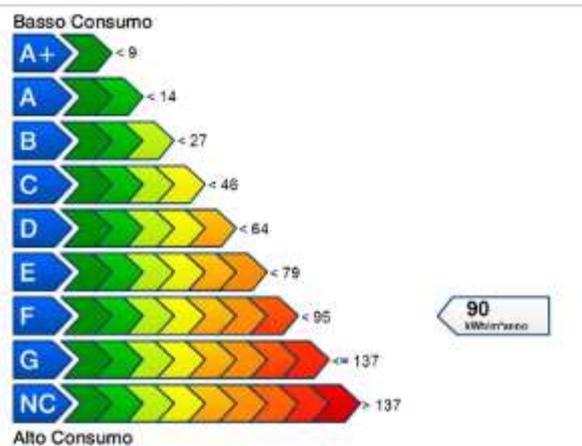
## 6. RISULTATI OTTENIBILI

Dall'analisi dell'edificio allo stato di fatto è emerso che lo stesso si colloca nella classe energetica F, mentre in seguito agli interventi sopra elencati si raggiunge la classe B.

Si rimanda alle relazioni tecniche specialistiche per gli approfondimenti in merito.

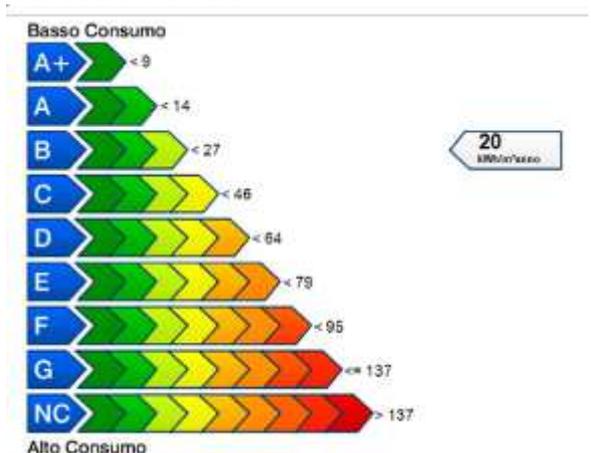
### TARGA ENERGETICA PRE-INTERVENTO

Riscaldamento invernale



### TARGA ENERGETICA POST-INTERVENTO

Riscaldamento invernale





## 7. ACUSTICA

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) con la pubblicazione "Noise in schools:2001" ha individuato i requisiti acustici minimi per la salute, oltre a fornire alcune linee guida per gli interventi di bonifica acustica. Nello specifico prevede che il tempo di riverberazione, nelle aule scolastiche, sia pari a 0,6 s o, inferiore, se in presenza di bambini con problemi di udito; mentre fissa a 35 dB(A) il livello massimo di rumore ammissibile durante l'attività didattica, valore, questo, che va ridotto, se in presenza di bambini con problemi di udito.

La normativa italiana si esplica nel D.P.C.M. 05/12/1997 "Determinazione dei Requisiti Acustici Passivi negli Edifici", che prescrive la verifica dei seguenti indici di valutazione:

- A. Isolamento dai rumori aerei tra differenti unità immobiliari
- B. Isolamento dai rumori provenienti dall'esterno (isolamento di facciata)
- C. Isolamento dai rumori di calpestio
- D. Isolamento dai rumori degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo
- E. Tempo di riverberazione di aule scolastiche e palestre.

In merito ai primi 4 punti i valori limite, determinati in funzione della destinazione d'uso, sono indicati nella tabella B del suddetto Decreto e riportata di seguito.

Rif. Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici del D.P.C.M. 05/12/1997

Destinazione d'uso (rif. categorie tabella A)	Indice di potere fono isolante apparente $R'_w$	Indice d'isolamento acustico di facciata $D_{2mnT_w}$	Indice del livello di rumore da calpestio dei solai $L'_{nw}$	Liv. max di rumore di impianti a funzionamento discontinuo $L_{Asmax}$	Liv. Continuo eq. di rumore di impianti a funzionamento continuo $L_{Aeq}$
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

○ Obbligatorio

**Tabella A - Classificazioni, degli ambienti abitativi (art. 2) del D.P.C.M. 05/12/1997**

- categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
- categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
- categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
- categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
- categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
- categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.



Il D.P.C.M. 05/12/1997 fa riferimento, per i valori ottimali del tempo di riverbero, alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22/05/1967, secondo cui la media dei valori di tempo di riverbero a 250, 500, 1000 e 2000 Hz deve essere  $\leq 1,2$  s ad aula arredata, con la presenza di 2 persone al massimo.

Un corretto tempo di riverbero consente di ottenere una buona intelligibilità del parlato, con un livello sonoro sufficiente per un'audizione senza sforzo. A partire dalle caratteristiche geometriche dell'ambiente e dalla tipologia dei materiali utilizzati per le finiture di pareti e solai, si può fornire una stima sommaria del tempo di riverbero dell'aula.

In riferimento alla Scuola per l'Infanzia di Frazione Valle Talloria, Diano D'Alba, si sono verificati i Requisiti Acustici Passivi di tutti i locali in cui sia previsto lo stazionamento di persone, ossia i locali definiti abitabili ai sensi dell'Art.2 comma 1 lettera b) della L. 447/1995, identificabili con Aula 1 (Dormitorio), Aula 2 (A. Ordinate), Aula 3 (Mensa), Aula 4 (A. Gioco) e Aula 5 (Multimediale). Si rimanda alle tavole di progetto per l'analisi dei locali oggetto di verifica. Si specifica che i lavori previsti interessano principalmente le pareti perimetrali, la copertura e la sostituzione/revisione degli impianti tecnologici, oltre al trattamento fonoassorbente degli ambienti identificati come abitabili.

### VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI AI SENSI DEL DPCM 05/12/1997

Per il presente lavoro si ricade nella verifica non integrale dei Requisiti Acustici Passivi. Gli indici che occorre verificare sono riassumibili come segue:

- Indice di isolamento acustico di facciata ( $D_{2m,nTw}$ ), in quanto è prevista la sostituzione dei serramenti;
- Livello massimo di rumore degli impianti a funzionamento discontinuo (LAs max) e livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato a di impianti a funzionamento continuo (LA eq);
- Tempo di riverbero di aule e palestre.

Si specifica altresì che le verifiche sono state ripetute due volte, ossia per la valutazione dello stato di fatto e per la valutazione dello stato di progetto.

Alle pagine successive si riportano, in sintesi, i risultati, comprensivi di alcune osservazioni.

#### INDICE DI ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

Locale da verificare	Stato di Fatto		Stato di Progetto		Limite da D.P.C.M. 05/12/1997 – Categoria E
	$D_{2m,nTw}$ [dB]	Verifica	$D_{2m,nTw}$ [dB]	Verifica	
Aula 1 (Dormitorio)	29,1	NEGATIVA	47,9	CON RISERVA	48 dB
Aula 2 (A. Ordinate)	29,3	NEGATIVA	47,3	CON RISERVA	48 dB
Aula 3 (Mensa)	28,9	NEGATIVA	47,0	CON RISERVA	48 dB
Aula 4 (A. Gioco)	25,1	NEGATIVA	42,7	NEGATIVA	48 dB
Aula 5 (Multimediale).	26,3	NEGATIVA	43,8	NEGATIVA	48 dB



## OSSERVAZIONI:

- L'esito negativo della verifica dell'isolamento acustico di facciata per lo stato di fatto è ascrivibile al gran quantitativo di serramenti (elemento acusticamente debole) presenti in ciascuno degli ambienti considerati ed al fatto che i serramenti esistenti, aventi una vetrocamera semplice ( $R_w$  serramento stimato pari a 32 dB), sono penalizzati dalla presenza di cassonetti per avvolgibili non isolati;
- A progetto, per incrementare l'isolamento acustico di facciata, si sono previsti dei serramenti con la vetrocamera più performante presente in commercio, ad oggi, ossia a 50 dB;
- Per valutare il potere fonoisolante del serramento di progetto si è utilizzata l'appendice B.4.6 del rapporto tecnico UNI TR 11175 che, in riferimento alle tipologie di aperture e telai a progetto, prevede, per il **sistema serramento**<sup>1</sup>, un decremento del valore di potere fonoisolante della vetrocamera pari a 4 dB. Ne segue che il potere fonoisolante dei serramenti di progetto è stato stimato pari a 46 dB;
- Si è prevista, a progetto, l'installazione di cassonetti per avvolgibili isolati, aventi indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato ( $D_{n,e,w}$ ) pari a 52 dB;
- Nonostante, a progetto, si siano previsti i materiali acusticamente più performanti, non si riesce ad ottenere la piena verifica dell'indice di isolamento acustico di facciata:
  - » Per gli ambienti al piano rialzato la verifica è con riserva, in quanto di poco inferiore al limite di legge (si consideri un'incertezza dei risultati pari a  $\pm 1,5$  dB, che potrebbe comportare la verifica, o meno, in caso di collaudo in opera);
  - » Per gli ambienti al piano primo la verifica è negativa in quanto il discostamento dei risultati dai limiti di legge è maggiore di 1,5 dB. Il motivo è riscontrabile nel gran numero di serramenti presenti;
- Per tutti gli ambienti, in riferimento allo stato di progetto, nonostante non si riesca a garantire una piena verifica dei limiti di legge, si sono ottenuti degli incrementi significativi dell'isolamento acustico di facciata, dell'ordine di 18 dB che consentono comunque di avvicinarsi di molto ai valori limite prescritti dal D.P.C.M. 05/12/1997;
- Si prescrive che vengano installati serramenti con vetrocamera avente potere fonoisolante almeno pari a 50 dB e che, qualora, al momento dell'ordine dei serramenti, fossero presenti, in commercio, vetrocamera con un indice di potere fonoisolante maggiore di 51 dB, siano installate tali vetrocamera. In tal caso, l'indice di isolamento acustico di facciata potrebbe restituire esito positivo.

<sup>1</sup> Per **serramento** si intende **l'insieme** di tutti i componenti: telaio fisso e mobile, specchiatura e/o pannellatura. Le certificazioni da richiedersi, pertanto, sono relative al serramento nel suo insieme e devono tener conto delle superfici di progetto



## IMPIANTI TECNICI AD USO CONTINUO E DISCONTINUO

Per quanto riguarda la progettazione di interventi di mitigazione della pressione sonora dovuta agli impianti ad uso discontinuo (Ascensori, Scarichi idraulici, Servizi igienici e rubinetteria) e continuo (Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento), non conoscendo la progettazione esecutiva degli stessi, saranno date indicazioni generali sia sulle tecnologie di posa che per quanto riguarda i materiali da utilizzare.

### 1. Impianti a funzionamento continuo

Occorre desolidarizzare le strutture dagli elementi vibranti, interponendo degli elementi resilienti o antivibranti, allo scopo di ridurre la componente di rumore più importante, ossia quella trasmessa per via solida. Nel caso degli scarichi vanno evitate connessioni rigide con le strutture, aumentare la sezione del collettore, in modo tale da ridurre la velocità di deflusso delle acque e mantenere pendenze moderate del tubo di collegamento tra sifone e colonna di scarico, per ridurre l'aspirazione d'aria verso il sifone e, di conseguenza, il generarsi di tipici gorgoglii.

### 2. Impianti a funzionamento discontinuo

Per quanto riguarda l'impianto di ventilazione, si può ricorrere ad una serie di accorgimenti per poter controllare maggiormente il rumore prodotto da un impianto di ventilazione, ovvero:

- » Privilegiare impianti a bassa velocità;
- » Rivestire le canalizzazioni con materiale fonoisolante;
- » Prevedere supporti antivibranti e connessioni elastiche in corrispondenza del collegamento delle canalizzazioni alle strutture dell'edificio;
- » Evitare che il locale tecnico sia adiacente a locali abitati; qualora tale accorgimento non fosse adottabile, si rende opportuno applicare dei pannelli fonoassorbenti sulle superfici del vano in cui è collocata la sorgente.

## TEMPO DI RIVERBERO

Tenendo presente che il pavimento è realizzato con piastrelle in gomma e che pareti e soffitto sono intonacati e dipinti, il tempo di riverbero medio, in ciascuno dei locali abitabili, è risultato essere, allo stato di fatto, superiore a 1,2 s, ossia il limite imposto dalla Normativa Italiana. Tale criticità è ascrivibile alla presenza di superfici molto riflettenti e all'assenza di superfici fonoassorbenti. Ne segue che si rende necessario un trattamento fonoassorbente dei locali, volto a ridurre il tempo di riverbero.

A progetto si è previsto di installare in tutte le aule e nel corridoio al piano rialzato (connettivo) un controsoffitto fonoassorbente, al fine di ridurre il tempo di riverbero dei suddetti ambienti.

Si è scelto di trattare anche il corridoio al piano rialzato, in quanto, in alcuni momenti della giornata (arrivo/uscita dei bambini) si può verificare lo stazionamento di numerose persone con la conseguente necessità di comfort acustico.



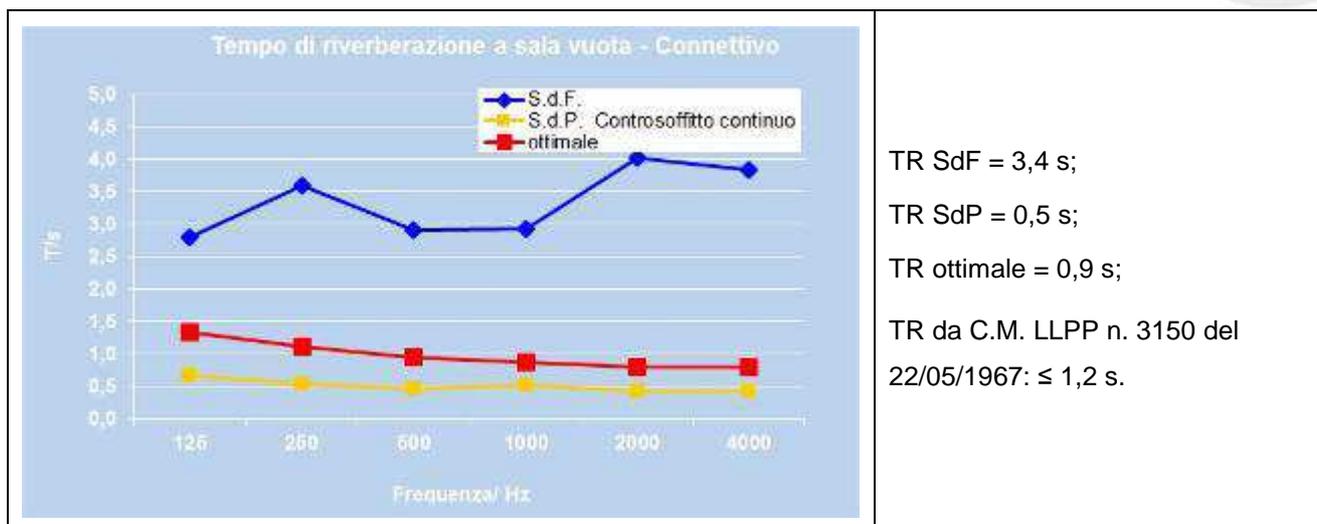
Di seguito si riportano i grafici relativi alla valutazione del tempo di riverbero in frequenze per ciascuno degli ambienti verificati. In ciascun grafico sono riportati:

- » Il tempo di riverbero del locale allo stato di fatto (blu);
- » Il tempo di riverbero del locale allo stato di progetto (giallo);
- » Il tempo di riverbero ottimale, stimato ai sensi del D.M. 13/09/1977 (rosso).

Grafico del Tempo di Riverbero in bande d'ottava	Tempo di riverbero (media dei valori di TR a 250, 500, 1000 e 2000 Hz)																												
<p><b>Tempo di riverberazione a sala vuota - Aula 1 (Dormitorio)</b></p> <table border="1"> <caption>Data for Aula 1 (Dormitorio)</caption> <thead> <tr> <th>Frequenza (Hz)</th> <th>S.d.F. (s)</th> <th>S.d.P. Controsoffitto continuo (s)</th> <th>ottimale (s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>125</td><td>2.5</td><td>0.6</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>250</td><td>3.7</td><td>0.5</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>500</td><td>2.3</td><td>0.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>1000</td><td>3.0</td><td>0.5</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>2000</td><td>2.9</td><td>0.5</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>4000</td><td>2.8</td><td>0.5</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Frequenza (Hz)	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)	125	2.5	0.6	1.2	250	3.7	0.5	1.0	500	2.3	0.5	0.9	1000	3.0	0.5	0.8	2000	2.9	0.5	0.8	4000	2.8	0.5	0.8	<p>TR SdF = 3,0 s;                  TR SdP = 0,5 s;                  TR ottimale = 0,8 s;                  TR da C.M. LLPP n. 3150 del 22/05/1967: ≤ 1,2 s.</p>
Frequenza (Hz)	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)																										
125	2.5	0.6	1.2																										
250	3.7	0.5	1.0																										
500	2.3	0.5	0.9																										
1000	3.0	0.5	0.8																										
2000	2.9	0.5	0.8																										
4000	2.8	0.5	0.8																										
<p><b>Tempo di riverberazione a sala vuota - Aula 2 (A. Ordinate)</b></p> <table border="1"> <caption>Data for Aula 2 (A. Ordinate)</caption> <thead> <tr> <th>Frequenza (Hz)</th> <th>S.d.F. (s)</th> <th>S.d.P. Controsoffitto continuo (s)</th> <th>ottimale (s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>125</td><td>2.8</td><td>0.7</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>250</td><td>4.1</td><td>0.5</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>500</td><td>2.6</td><td>0.5</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>1000</td><td>3.2</td><td>0.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>2000</td><td>3.3</td><td>0.5</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>4000</td><td>3.2</td><td>0.5</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Frequenza (Hz)	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)	125	2.8	0.7	1.3	250	4.1	0.5	1.1	500	2.6	0.5	1.0	1000	3.2	0.5	0.9	2000	3.3	0.5	0.8	4000	3.2	0.5	0.8	<p>TR SdF = 3,3 s;                  TR SdP = 0,5 s;                  TR ottimale = 0,9 s;                  TR da C.M. LLPP n. 3150 del 22/05/1967: ≤ 1,2 s.</p>
Frequenza (Hz)	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)																										
125	2.8	0.7	1.3																										
250	4.1	0.5	1.1																										
500	2.6	0.5	1.0																										
1000	3.2	0.5	0.9																										
2000	3.3	0.5	0.8																										
4000	3.2	0.5	0.8																										



<p style="text-align: center;"><b>Tempo di riverberazione a sala vuota - Aula 3 (Mensa)</b></p> <table border="1"> <caption>Data for Aula 3 (Mensa)</caption> <thead> <tr> <th>Frequenza / Hz</th> <th>S.d.F. (s)</th> <th>S.d.P. Controsoffitto continuo (s)</th> <th>ottimale (s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>125</td><td>2.6</td><td>0.6</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>250</td><td>3.9</td><td>0.5</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>500</td><td>2.5</td><td>0.4</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>1000</td><td>3.1</td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>2000</td><td>3.2</td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>4000</td><td>3.0</td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Frequenza / Hz	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)	125	2.6	0.6	1.3	250	3.9	0.5	1.1	500	2.5	0.4	0.9	1000	3.1	0.4	0.8	2000	3.2	0.4	0.8	4000	3.0	0.4	0.8	<p>TR SdF = 3,2 s;                      TR SdP = 0,5 s;                      TR ottimale = 0,9 s;                      TR da C.M. LLPP n. 3150 del                      22/05/1967: ≤ 1,2 s.</p>
Frequenza / Hz	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)																										
125	2.6	0.6	1.3																										
250	3.9	0.5	1.1																										
500	2.5	0.4	0.9																										
1000	3.1	0.4	0.8																										
2000	3.2	0.4	0.8																										
4000	3.0	0.4	0.8																										
<p style="text-align: center;"><b>Tempo di riverberazione a sala vuota - Aula 5 (A. Multimediale)</b></p> <table border="1"> <caption>Data for Aula 5 (A. Multimediale)</caption> <thead> <tr> <th>Frequenza / Hz</th> <th>S.d.F. (s)</th> <th>S.d.P. Controsoffitto continuo (s)</th> <th>ottimale (s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>125</td><td>2.4</td><td>0.6</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>250</td><td>3.1</td><td>0.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>500</td><td>2.7</td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>2.8</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>2000</td><td>3.7</td><td>0.4</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>4000</td><td>3.6</td><td>0.4</td><td>0.6</td></tr> </tbody> </table>	Frequenza / Hz	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)	125	2.4	0.6	1.0	250	3.1	0.5	0.9	500	2.7	0.4	0.8	1000	2.8	0.4	0.7	2000	3.7	0.4	0.6	4000	3.6	0.4	0.6	<p>TR SdF = 3,1 s;                      TR SdP = 0,5 s;                      TR ottimale = 0,7 s;                      TR da C.M. LLPP n. 3150 del                      22/05/1967: ≤ 1,2 s.</p>
Frequenza / Hz	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)																										
125	2.4	0.6	1.0																										
250	3.1	0.5	0.9																										
500	2.7	0.4	0.8																										
1000	2.8	0.4	0.7																										
2000	3.7	0.4	0.6																										
4000	3.6	0.4	0.6																										
<p style="text-align: center;"><b>Tempo di riverberazione a sala vuota - Aula 4 (Gioco)</b></p> <table border="1"> <caption>Data for Aula 4 (Gioco)</caption> <thead> <tr> <th>Frequenza / Hz</th> <th>S.d.F. (s)</th> <th>S.d.P. Controsoffitto continuo (s)</th> <th>ottimale (s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>125</td><td>3.2</td><td>0.6</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>250</td><td>3.6</td><td>0.5</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>500</td><td>2.9</td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>2.9</td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>2000</td><td>3.9</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>4000</td><td>3.8</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> </tbody> </table>	Frequenza / Hz	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)	125	3.2	0.6	1.2	250	3.6	0.5	1.0	500	2.9	0.4	0.8	1000	2.9	0.4	0.8	2000	3.9	0.4	0.7	4000	3.8	0.4	0.7	<p>TR SdF = 3,4 s;                      TR SdP = 0,5 s;                      TR ottimale = 0,8 s;                      TR da C.M. LLPP n. 3150 del                      22/05/1967: ≤ 1,2 s.</p>
Frequenza / Hz	S.d.F. (s)	S.d.P. Controsoffitto continuo (s)	ottimale (s)																										
125	3.2	0.6	1.2																										
250	3.6	0.5	1.0																										
500	2.9	0.4	0.8																										
1000	2.9	0.4	0.8																										
2000	3.9	0.4	0.7																										
4000	3.8	0.4	0.7																										



TR SdF = 3,4 s;  
 TR SdP = 0,5 s;  
 TR ottimale = 0,9 s;  
 TR da C.M. LLPP n. 3150 del  
 22/05/1967: ≤ 1,2 s.

**OSSERVAZIONI:**

- Il tempo di riverbero restituito a calcolo, per gli ambienti allo stato di fatto, è risultato essere di molto superiore al limite previsto dalla normativa, ossia 1,2 s. Per tutti i locali si attesta su valori pari o superiori a 3 s;
- A seguito del trattamento con controsoffitto fonoassorbente si è potuto riscontrare un miglioramento significativo del tempo di riverbero in tutti gli ambienti considerati. I valori restituiti a calcolo, in questo caso, rispettano i limiti di legge;
- L'andamento della curva del tempo di riverbero, allo stato di progetto, si attesta per tutti i locali, di poco al di sotto dei valori ottimali, seguendo anche l'andamento della curva del TR ottimale;
- I valori di tempo di riverbero, restituiti a calcolo per lo stato di progetto sono di poco inferiori ai valori suggeriti nelle linee guida dell' *Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO)*.

**8. PROGETTO DELLA LUCE**

Il progetto illuminotecnico prevede l'integrazione di illuminazione naturale con illuminazione artificiale.

Un'adeguata illuminazione naturale negli edifici può fornire l'illuminamento richiesto per la maggior parte delle ore di luce diurna, permettendo il risparmio di una considerevole quantità di energia.

Il quadro normativo è piuttosto carente e soprattutto poco aggiornato visto che è fermo al 1975. I principali riferimenti legislativi e tecnici che danno indicazioni in merito, riferiti all'edilizia scolastica, sono i seguenti:

- ✓ Circ. Min. LL. PP. 3151 del 22 maggio 1967 (Criteri di valutazione delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione nelle costruzioni edilizie);
- ✓ Circ. Min. LL. PP. n. 13011 del 22/12/74 – "Requisiti fisico-tecnici per le costruzioni edilizie ospedaliere. Proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione";
- ✓ D.M. 5/7/75 – "Modificazioni alle istruzioni ministeriali del 20/6/1896 relative altezza minima dei locali ed ai requisiti igienico sanitari principali dei locali di abitazione";



- ✓ D.M. 18/12/75 – “Norme tecniche aggiornate relative all’edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica”;
- ✓ UNI 10840 (Luce e illuminazione - locali scolastici: criteri generali per l’illuminazione artificiale e naturale).

Il D.M. 5 luglio 1975 all’art. 5 dispone che vengano verificati due parametri riferiti all’illuminazione di tipo naturale: il fattore di luce diurna medio e la superficie finestrata apribile (che non dovrà essere inferiore a 1/8 della superficie del pavimento).

Gli altri decreti e circolari indicati sopra forniscono i valori minimi di FLDm da rispettare nei vari ambienti ed i valori minimi di illuminamento sul piano di lavoro (nel caso delle aule) e al livello del pavimento, in caso dei corridoi e spazi destinati alla distribuzione.

Di seguito si riportano le indicazioni e le verifiche progettuali effettuate in merito all’illuminazione naturale e artificiale.

### ILLUMINAZIONE NATURALE

Per quanto concerne l’illuminazione naturale si sono verificati a calcolo il FLDm e i rapporti aeroilluminanti, ai sensi del D.M. 5 luglio 1975 e dalla Circ. Min. LL. PP. n. 13011 del 22/12/74.

Ai sensi del D.M. 18/12/1975 e della UNI 10840, sono riportati di seguito i valori minimi del FLDm in funzione della tipologia di ambienti e del compito visivo che in essi deve essere svolto:

- ✓ Ambienti ad uso didattico (aule per lezione, studio, lettura, disegno, etc.) = 3%;
- ✓ Palestre, refettori = 2%;
- ✓ Uffici, spazi per la distribuzione, scale, servizi igienici = 1%.

Si sono verificati, a calcolo, per ciascun ambiente, i valori di FLDm, che vengono riportati nella tabella sottostante.

Valori di fattore medio di luce diurna			
Locale	FLDm	Valore minimo [%] Rif. Circolare Ministeriale 13011	Verifica
Aula 1 - Dormitorio	3,02%	3	POSITIVA
Aula 2 - A. Ordinate	3,27%	3	POSITIVA
Aula 3 - Mensa	2,79%	2	POSITIVA
Cucina	4,36%	1	POSITIVA
Connettivo	3,98%	1	POSITIVA
Aula 4 - Gioco	3,57%	3	POSITIVA
Aula 5 - Multimendiale	4,50%	3	POSITIVA
Vano scala	1,86%	1	POSITIVA



Unitamente alla verifica del FLDm, si è condotta la valutazione delle superfici aeroilluminanti, riportata nella tabella sottostante:

Verifica Rapporti Aeroilluminanti		
Superficie di pavimento	1/8 Superficie di pavimento [m <sup>2</sup> ]	Superficie finestrata [m <sup>2</sup> ]
32,5	4,1	5,7
42,5	5,3	7,6
38,0	4,8	7,6
10,0	1,3	3,8
48,5	6,1	12,3
32,8	4,1	9,5
19,9	2,5	6,7
28,8	3,6	3,7

Le verifiche a calcolo, hanno dimostrato che le aperture, nei diversi ambienti, sono idonee a garantire un quantitativo sufficiente di luce naturale.

Si specifica, altresì, che nella verifica del fattore medio di luce diurna, si tengono in considerazione anche le caratteristiche cromatiche delle superfici che delimitano gli ambienti. A questo proposito, le superfici chiare sono maggiormente riflettenti e consentono di ottenere valori di FLDm maggiori. Si suggerisce, pertanto, di prediligere, per le aule, colori tenui, accoglienti, come il giallo ed il rosa salmone, rilassanti, quale il verde chiaro.

### ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

In merito all'illuminazione artificiale, la normativa richiede che siano garantiti, negli edifici scolastici 300 Lux sui piani di lavoro (aule) e 100 Lux nei corridoi e ambienti di distribuzione, a livello del pavimento, pertanto, dovranno essere scelti degli apparecchi che per specifiche tecniche e numero siano atti a garantirli.

Si prevede di installare lampade a led dimmerabili, ai fini di garantire un risparmio energetico.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno essere installati in modo tale da garantire un illuminamento uniforme all'interno di ciascuno dei locali.

## **9. INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI**

### **9.1 rifacimento copertura in legno e canalizzazioni per la raccolta dell'acqua piovana**

L'intervento in oggetto prevede la demolizione della copertura esistente con la sostituzione della stessa con nuova struttura in legno lamellare di abete e tavolato di chiusura con la finale impermeabilizzazione e il posizionamento del manto di copertura aventi stesse caratteristiche architettoniche del precedente.

L'intervento si rende necessario in quanto, dopo accurato sopralluogo con relativa indagine sulle strutture lignee portanti si sono riscontrate infiltrazioni nelle murature, distacchi d'intonaco.



L'intervento di riqualificazione per la risoluzione delle criticità sopra descritte si ritiene risolutivo per la messa a norma dal punto di vista della sicurezza (adeguamento strutturale) ma soprattutto per migliorare le condizioni igieniche del sottotetto e dei locali sottostanti. Muffe, batteri, funghi, sono le cause più frequenti per l'insorgere di malattie cardio-respiratorie soprattutto in età adolescenziale, in quanto le difese immunitarie contro detti agenti sono più deboli rispetto a quelle degli adulti. L'intervento che si propone consiste nel rifacimento di una nuova copertura con orditure lignee su tutti gli ordini e la realizzazione di un cordolo perimetrale di coronamento in cemento armato su cui poggiare la copertura. Si è deciso di realizzare detta copertura in legno lamellare di abete in quanto materiale semilavorato in fase produttiva, essiccato e protetto con un trattamento in origine antiparassitario, inoltre, grazie alla resistenza maggiore rispetto il legno massiccio ( $\sigma = 1.10 \text{ kN/cm}^2$  rispetto a  $0.8 \text{ Kn/cm}^2$ ), ci permette di ottimizzare le sezioni e ridurre i carichi permanenti. Si prevede un tavolato lavorato ad incastro con relativa coibentazione e impermeabilizzazione in modo da evitare future infiltrazioni causate dal movimento dei listelli porta tegole.

Si prevede di alzare il cordolo perimetrale per rendere il sottotetto utilizzabile come archivio o deposito.

Verranno sostituite anche tutte le faldalerie e le gronde.

### 9.2 Abbattimento delle barriere architettoniche

L'intervento si rende necessario in quanto la ringhiera esistente lungo il vano scala presenta criticità dal punto di vista della sicurezza. La stessa verrà pertanto sostituita ed inoltre, verrà installato un montascale per disabili, per il collegamento verticale dal piano terra al piano primo. Il tutto in conformità al D.M. 14 giugno 1989 n. 236.

Si prevede di installare un servoscale che permetta di accedere dal piano terra al piano primo.



Esempio di servoscale per l'abbattimento delle barriere architettoniche

### 9.3 adeguamento scala antincendio esterna

Allo stato attuale la scala antincendio esistente lungo il lato sud dell'edificio presenta aspetti critici per quanto riguarda la sicurezza e la struttura stessa. È pertanto in progetto la rimozione dei parapetti metallici e la conseguente provvista e posa in opera di recinzione in grigliato di ferro zincato a caldo, costituita da pannelli elettrosaldati resi solidali alle piantane mediante bulloncini in acciaio inox normali o antifurto. Tutto ciò nel rispetto della normativa vigente.

Inoltre si prevede di riverniciare la scala al momento degradata per quanto riguarda la finitura.



## 10. INDICAZIONI SULLA SICUREZZA

### 10.1 Premessa

Nel rispetto dell'art. 100 del DLgs 81/2008 s ss.mm.ii., con particolare riferimento a quanto disposto in merito al PSC, si ritiene che i lavori di cui sopra rientrano negli obblighi di legge e si propone venga applicato nell'iter di progettazione e di esecuzione dell'opera nel quale sia prevista la presenza, anche non contemporanea, di più imprese.

### 10.2 Avvertenze di carattere generale

Nella della documentazione relativa alla sicurezza del cantiere dovranno essere evidenziati i rischi derivanti dalle possibile promiscuità tra lavoratori presenti nel cantiere.

Al fine di evitare che le zone interessate dalle lavorazioni siano troppo limitrofe a quelle frequentate dagli altri lavoratori dovrà essere redatto un approfondito programma dei lavori.

### 10.3 Descrizione dei lavori

Le opere in progetto sono quelle descritte al paragrafo 3.

### 10.4 Fase di progettazione dell'opera

Ricadendo nelle condizioni previste dall'art.90, comma 5 del DLgs 81/2008 e ss.mm.ii., prima dell'affidamento dei lavori, il Committente o il Responsabile dei Lavori avrà il compito di designare il Coordinatore per l'esecuzione dei lavori che dovrà svolgere i compiti previsti dall'art. 92, comma 2 del predetto DLgs 81/2008 altresì il Committente o il Responsabile dei Lavori dovrà svolgere i seguenti interventi:

- Verificare l'idoneità Tecnico-Professionale dell'Imprese esecutrici e dei Lavoratori Autonomi (DLgs 81/2008, art. 90, comma 9 lettera a);
- Richiedere alle imprese esecutrici una dichiarazione sull'organico medio annuo, distinto per qualifica, corredata dagli estremi delle denunce dei lavoratori effettuate all'INPS, INAIL e casse edili e da una dichiarazione relativa al contratto collettivo applicato ai lavoratori dipendenti (DLgs. 81/2008, art. 96, comma 9 lettera b);
- Trasmettere all'azienda unità sanitaria locale e alla direzione provinciale del lavoro territorialmente competenti la notifica preliminare elaborata conformemente all'allegato XII del DLgs. 81/2008 (DLgs. 81/2008, art. 99, comma 1);
- ottemperare a tutti gli obblighi di legge previsti dalle normative vigenti.

L'Impresa appaltatrice, entro i termini previsti dal bando e, comunque, prima della consegna dei lavori, dovrà redigere il Piano Operativo della Sicurezza (POS) ((DLgs. 81/2008, art. 96, comma 1 lettera g) in cui contenuti sono riportati nell'allegato XV del DLgs. 81/2008, art. 96.



In fase di esecuzione delle opere il Coordinatore per l'esecuzione dei lavori (DLgs. 81/2008, art. 92) dovrà:

- verificare, con opportune azioni di coordinamento e controllo, l'applicazione, da parte delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi, delle disposizioni loro pertinenti contenute nel piano di sicurezza e di coordinamento ove previsto e la corretta applicazione delle relative procedure di lavoro;
- verificare l'idoneità del piano operativo di sicurezza, da considerare come piano complementare di dettaglio del piano di sicurezza e coordinamento assicurandone la coerenza con quest'ultimo, ove previsto, adeguare il piano di sicurezza e di coordinamento e il fascicolo in relazione all'evoluzione dei lavori ed alle eventuali modifiche intervenute, valutando le proposte delle imprese esecutrici dirette a migliorare la sicurezza in cantiere,
- verificare che le imprese esecutrici adeguino, se necessario, i rispettivi piani operativi di sicurezza;
- organizzare tra i datori di lavoro, ivi compresi i lavoratori autonomi, la cooperazione ed il coordinamento delle attività nonché la loro reciproca informazione;
- verificare l'attuazione di quanto previsto negli accordi tra le parti sociali al fine di realizzare il coordinamento tra i rappresentanti della sicurezza finalizzato al miglioramento della sicurezza in cantiere;
- segnalare al committente o al responsabile dei lavori, previa contestazione scritta alle imprese e ai lavoratori autonomi interessati, le inosservanze alle disposizioni degli articoli 94, 95, 96 e 97, comma 1, e alle prescrizioni del piano e proporre la sospensione dei lavori, l'allontanamento delle imprese o dei lavoratori autonomi dal cantiere, o la risoluzione del contratto. Nel caso in cui il committente o il responsabile dei lavori non adotti alcun provvedimento in merito alla segnalazione, senza fornire idonea motivazione, il coordinatore per l'esecuzione da comunicare dell'inadempienza alla azienda unità sanitaria locale e alla direzione provinciale del lavoro territorialmente competenti;
- sospendere, in caso di pericolo grave e imminente, direttamente riscontrato, le singole lavorazioni fino alla verifica degli avvenuti adeguamenti effettuati dalle imprese interessate

L'impresa appaltatrice nei confronti delle Imprese subappaltatrici avrà il dovere di:

- verificare l'idoneità Tecnico-Professionale dell'Imprese esecutrici e dei Lavoratori Autonomi anche mediante l'iscrizione alla CCIA;
- verificare il rispetto agli obblighi INPS, INAIL e casse edili;
- trasmettere all'azienda unità sanitaria locale e alla direzione provinciale del lavoro il POS alle ditte subappaltatrici;
- verificare che le ditte subappaltatrici abbiano redatto il POS e ne consegnino una copia anche al Coordinatore per la sicurezza;
- coordinare gli interventi di protezione e prevenzione.



### **10.5 Indicazioni e disposizioni contenute nel PSC**

Nella progettazione Definitiva ed Esecutiva è stato approfondito e sviluppato il metodo di redazione secondo lo schema tipo di composizione del PSC durante la progettazione preliminare.

Si sono inoltre forniti i costi per la sicurezza evidenziati nel Fascicolo dell'Opera con l'avvertenza che in fase di gara non possa essere soggetto alla possibilità di ulteriori ribassi. In particolare, per l'intera durata dei lavori, verranno stimati i seguenti costi:

- a. apprestamenti previsti nel PSC;
- b. misure preventive, protettive e dispositivi di protezione individuale;
- c. impianti di terra, contro le scariche atmosferiche, antincendio e fumi;
- d. mezzi e servizi di protezione collettiva;
- e. procedure specifiche di sicurezza;
- f. interventi per lavorazioni interferenti;
- g. misure di coordinamento.

Le singole voci sono state calcolate considerando il loro costo di utilizzo per il cantiere interessato con posa in opera, smontaggio, manutenzione ed ammortamento. Il PSC è stato elaborato tenendo conto delle specifiche esigenze, attività e fasi lavorative che saranno previste nella vita del Cantiere. Inoltre, vista anche le caratteristiche del cantiere ed il numero e la diversità dei singoli interventi, sarà onere del Coordinatore per l'esecuzione la redazione e l'applicazione dei contenuti del Piano di sicurezza affinché:

- non siano lasciati eccessivi spazi all'autonomia gestionale dell'Impresa esecutrice nella conduzione del lavoro, fornendo con il Piano Operativo di Sicurezza uno strumento con indicazioni ben definite e precise al fine di evitare che vengano disattesi gli obblighi in materia di sicurezza;
- la programmazione non sia troppo vincolante evitando, così, di ridurre il legittimo potere gestionale dell'Impresa esecutrice soprattutto nel caso in cui si vengano a proporre situazioni non previste dal Piano Operativo di Sicurezza. Una programmazione troppo vincolante, infatti, non garantirebbe comunque la sicurezza sul lavoro perché troppo rigidamente imposta o troppo macchinosa (con la conseguenza che l'Impresa e lo stesso Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, di fronte ad eccessive difficoltà procedurali, finirebbero spesso con il disattenderle).

Le finalità del Piano si concretizzano nella realizzazione di una pianificazione preventiva volta ad assicurare una maggiore tutela della integrità fisica dei Lavoratori.

Per la compilazione del Piano sono stati analizzati e presi in esame i procedimenti specifici di costruzione, le macchine, gli impianti e le attrezzature utilizzate, nonché i materiali impiegati e l'organizzazione del lavoro prevista.



Alla stesura del documento si è pervenuto attraverso:

- l'analisi delle interferenze tra ambiente e cantiere e cantiere ambiente
- l'analisi particolareggiata dei rischi specifici associati alle varie fasi di lavoro da eseguirsi nel cantiere;
- l'analisi particolareggiata sulla possibilità di interferenza di alcune operazioni svolte dalla stessa Impresa o da Imprese diverse;
- l'individuazione dei provvedimenti e delle misure di sicurezza da adottare per eliminare i rischi di pericolo atte alla salvaguardia dell'integrità fisica dei Lavoratori;
- l'individuazione dei provvedimenti da adottare per il pronto intervento in caso di infortunio;
- l'individuazione dei posti di lavoro per analizzare i fattori ambientali che possono influire sui posti di lavoro stessi;
- l'individuazione di eventuali provvedimenti di igiene da adottare a tutela della salute dei Lavoratori.

Il Piano di Sicurezza del cantiere si dovrà occupare inoltre di alcuni aspetti ed esigenze, comuni alle varie Imprese, che di seguito vengono esposti e che regolamentano alcuni Diritti/Doveri, tra i quali:

- servizi igienico - sanitario e assistenziali;
- pronto soccorso agli infortunati;
- provvedimenti a carico dei trasgressori.

Il Piano di Sicurezza potrà essere aggiornato o modificato nel corso dello svolgimento dei lavori, sia per sopraggiunte modifiche tecniche all'opera in appalto sia al fine di migliorare ulteriormente le misure di sicurezza.

Il Piano di Sicurezza sarà fatto proprio e rispettato anche dalle Imprese che presteranno, previa autorizzazione degli organi competenti la loro opera in subappalto ovvero il Responsabile del cantiere definirà le modalità di impostazione di Piani specifici indicando i criteri orientativi cui dovranno rispondere i Piani di Sicurezza relativi alle lavorazioni in subappalto.

Le Imprese ed i Lavoratori presenti nel cantiere dovranno operare nel pieno rispetto delle Norme di Legge e di buona tecnica nonché di quelle previste dal Piano. L'Impresa, senza che ciò possa configurarsi in gerenza dell'organizzazione delle lavorazioni delle Imprese subappaltatrici, potrà verificare il rispetto o meno della Normativa da parte delle suddette.

Qualora dovesse riscontrare inadempienze, l'Impresa potrà adottare i provvedimenti ritenuti opportuni ai fini della Sicurezza, come ad esempio: il richiamo al rispetto delle Norme citate, richiedere il ripristino immediato delle condizioni di Sicurezza, allontanare dal luogo di lavoro il Lavoratore retrivo, la sospensione dei Lavoratori in atto, ecc.

Nel caso in cui con l'adozione dei provvedimenti conseguenti al mancato rispetto delle Norme di Igiene e Sicurezza vigenti, dovessero verificarsi ritardi nella esecuzione dei Lavori, ovvero danni di natura economica, nulla potrà essere chiesto all'Ente appaltante da parte dell'Impresa, e altresì, nulla potrà essere richiesto dalle Imprese subappaltatrici all'Impresa dei lavori.



Le norme vigenti per la prevenzione degli infortuni sul lavoro specificano in aggiunta alle responsabilità generali sancite dai Codici, dalle Leggi generali, dai CCNL, alcuni obblighi e doveri speciali decretati dalle norme stesse. Esse individuano in tutte le figure lavorative operanti nel cantiere i soggetti direttamente coinvolti nell'adempimento di tutti gli obblighi di prevenzione, attribuendogli responsabilità specifiche sui compiti loro demandati.

### **10.6 Metodo di redazione e composizione del PSC**

Nella composizione il PSC è articolato in due parti distinte, con uno scopo ben preciso. Nella prima parte del PSC sono trattati argomenti che riguardano Prescrizioni di carattere generale, anche se concretamente legati al lavoro progettato e che si deve realizzare. Queste Prescrizioni di carattere generale possono essere considerate come il Capitolato speciale della sicurezza adattato alle specifiche esigenze del lavoro e rappresenteranno in pratica gli argini legali entro i quali si vuole che l'Impresa si muova con la sua autonoma operatività.

Tutto ciò nell'intento di evitare il più possibile d'imporre procedure troppo burocratiche, troppo rigide e soprattutto troppo minuziose e macchinose, che potrebbero indurre l'Impresa a sentirsi deresponsabilizzata o, comunque, non in grado di impegnarsi ad applicarle perché troppo teoriche e di fatto di poca utilità per la vita pratica del Cantiere.

Inoltre, la definizione degli argini legali entro i quali l'Impresa potrà e dovrà muoversi con la sua autonomia operativa rappresenteranno anche un valido tentativo per evitare l'insorgere del "contenzioso" tra le parti.

All'interno del Piano di Sicurezza e Coordinamento sono esplicitate tutte le problematiche inerenti:

- l'identificazione e la descrizione dell'opera;
- l'indirizzo del cantiere;
- a descrizione dell'area in cui sarà collocato il cantiere; la descrizione sintetica dell'opera, con riferimento alle scelte progettuali, architettoniche, strutturali e tecnologiche;
- l'individuazione dei soggetti con compiti di sicurezza;
- il responsabile dei lavori (qualora nominato dal committente);
- il coordinatore della sicurezza in fase di progettazione;
- la relazione concernente l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi concreti, in riferimento all'area ed all'organizzazione del cantiere, alle lavorazioni ed alle loro interferenze;
- le scelte progettuali ed organizzative; le misure preventive e protettive, in riferimento all'area di cantiere, all'organizzazione del cantiere e delle lavorazioni;
- le prescrizioni operative, misure preventive e protettive e dispositivi di protezione individuale, in riferimento alle eventuali interferenze tra le lavorazioni;
- le misure di coordinamento relativo all'uso comune da parte di più imprese e lavoratori autonomi, di apprestamenti, attrezzature, infrastrutture, mezzi e servizi di protezione collettiva;
- le modalità organizzative della cooperazione e del coordinamento, nonché della reciproca informazione, fra i datori di lavoro e tra questi ed i lavoratori autonomi;
- l'organizzazione prevista per il servizio di pronto soccorso, antincendio ed evacuazione dei lavoratori;



- la durata prevista delle lavorazioni, delle fasi di lavoro e, quando la complessità dell'opera lo richieda, delle sottofasi di lavoro che costituiscono il cronoprogramma dei lavori, nonché l'entità presunta del cantiere espressa in uomini-giorno;
- la stima dei costi della sicurezza;
- le tavole esplicative di progetto relative agli aspetti della sicurezza, comprendenti almeno un a planimetria;
- il diagramma di GANTT con la stima delle tempistiche delle varie fasi lavorative (cronoprogramma);
- le valutazioni di pericolosità per tipo di rischio;
- l'elenco e la definizione di eventuali rischi chimici;
- le schede con il dettaglio dei rischi e delle modalità di esecuzione dei lavori;
- le schede con il dettaglio dei rischi e delle modalità di utilizzo delle macchine;
- l'analisi puntuale e specifica dei rischi provenienti dalla particolare ubicazione del cantiere, in particolare, vista la presenza di una zona residenziale lungo la strade di accesso alla futura area di cantiere.

Si noti come la parte del PSC che tratta il Piano dettagliato della sicurezza per Fasi di lavoro nasce da un Programma di Esecuzione dei Lavori, che naturalmente va considerato come un'ipotesi attendibile ma preliminare di come verranno poi eseguiti i lavori dall'Impresa. Al cronoprogramma ipotizzato saranno collegate delle Procedure operative per le Fasi più significative dei lavori e delle Schede di sicurezza collegate alle singole Fasi lavorative, programmate con l'intento di evidenziare le misure di prevenzione dei rischi simultanei risultanti dall'eventuale presenza di più Imprese (o Ditte) e di prevedere l'utilizzazione di impianti comuni, mezzi logistici e di protezione collettiva. Si noti come i tempi di esecuzione delle diverse lavorazioni tendano a subire normalmente delle modifiche anche sensibili per molteplici ragioni. Oltre che verificare l'applicazione delle disposizioni contenute nel piano di sicurezza, sarà anche compito fondamentale del coordinatore in fase esecutiva, mediante opportune azioni di coordinamento, organizzare tra i datori di lavoro, compresi i lavoratori autonomi, la cooperazione ed il coordinamento delle attività nonché la reciproca informazione al fine di evitare possibili interferenze lavorative. Per ridurre qualsiasi rischio di sovrapposizione ed interferenza tra le varie fasi lavorative il cronoprogramma coordinerà le diverse attività impedendo il contemporaneo svolgimento di quelle che debbano avvenire in ambienti comuni o in zone verticalmente o orizzontalmente limitrofe qualora possa essere riscontrato un potenziale pericolo con conseguenze di infortunio o di malattia professionale. Nel caso di lavorazioni interferenti, il cronoprogramma prevedrà lo sfasamento temporale o spaziale degli interventi in base alle priorità esecutive ed alla disponibilità di uomini e mezzi. Nei casi in cui lo sfasamento temporale o spaziale non sia attuabile o lo sia solo parzialmente, saranno previste all'interno del PSC misure protettive che eliminino o riducano i rischi e le interferenze mediante l'allestimento di schermature, segregazioni, protezioni e percorsi che consentano le attività e gli spostamenti degli operatori in condizioni di sicurezza. A co Piano Operativo per la Sicurezza (POS) e la proposta di adottare delle Schede di sicurezza per l'impiego di ogni singolo macchinario tipo, che saranno, comunque, allegate al PSC in forma esemplificativa e non esaustiva (crediamo che quest'ultimo compito vada ormai delegato principalmente alla redazione dei POS da parte delle Imprese).



### **10.7 Fascicolo tecnico dell'opera**

Per garantire la conservazione ed il corretto svolgimento delle funzioni cui è destinata l'opera, riducendo al minimo i disagi per l'utente, si redige il Fascicolo dell'Opera (secondo gli schemi contenuti nel D.gls 81/08) in modo tale che possa facilmente essere consultato, prima di effettuare qualsiasi intervento d'ispezione o di manutenzione dell'opera.

Esso contiene:

- un programma degli interventi d'ispezione;
- un programma per la manutenzione dell'opera progettata in tutti i suoi elementi;
- una struttura che può garantire una revisione della periodicità delle ispezioni e delle manutenzioni nel tempo in maniera da poter essere modificata in relazione alle informazioni di particolari condizioni ambientali rilevate durante le ispezioni o gli interventi manutentivi effettuati;
- le possibili soluzioni per garantire interventi di manutenzione in sicurezza;
- le attrezzature e i dispositivi di sicurezza già disponibili e presenti nell'opera;
- indicazioni sui rischi potenziali che gli interventi d'ispezione e quelli di manutenzione comportano, dovuti alle caratteristiche intrinseche dell'opera (geometria del manufatto, natura dei componenti tecnici e tecnologici, sistema tecnologico adottato, etc...);
- indicazioni sui rischi potenziali che gli interventi d'ispezione e quelli di manutenzione comportano, dovuti alle attrezzature e sostanze da utilizzare per le manutenzioni;
- i dispositivi di protezione collettiva o individuale che i soggetti deputati alla manutenzione devono adottare durante l'esecuzione dei lavori;
- raccomandazioni di carattere generale.

### **10.8 Stima dei costi misure di prevenzione degli infortuni e tutela della salute (art. 4 allegato XV del D.gls n. 81/2008 e s.m.i.)**

La stima dei costi delle misure di prevenzione e protezione contenute nel presente piano incide per €19.984,80 somma non soggetta al ribasso d'asta.