

## 6.4.2 Attestato di Prestazione Energetica

Ai sensi dell'attestato di prestazione energetica, l'edificio ha un indice di prestazione energetica globale ( $EP_{gl,nren}$ ) pari a  $149,1 \text{ kWh/m}^2$  anno, corrispondente ad una classe energetica C, in conformità con il DM 26/6/15.

Si attesta che la prestazione energetica del fabbricato risulta insoddisfacente sia in stagione invernale che in stagione estiva, come indicato dalle emoticon di riferimento a pagina 1.

Le criticità dell'edificio sono dovute in parte alle caratteristiche dell'involucro edilizio, caratterizzato da pareti con inerzia interna molto bassa e posizionamento dell'isolante spesso tra due strati leggeri di c.a., da superfici opache orizzontali prevalentemente prive di isolamento e da serramenti obsoleti e poco performanti; dall'altra parte le componenti impiantistiche non sono particolarmente datate, tuttavia, non sfruttano sufficientemente i sistemi presenti a fonte rinnovabile. Le emissioni di  $\text{CO}_2$  risultano essere di  $33,97 \text{ kg/m}^2$  anno.





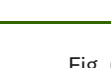
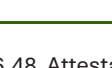


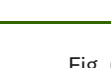
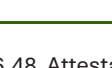


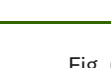
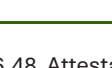
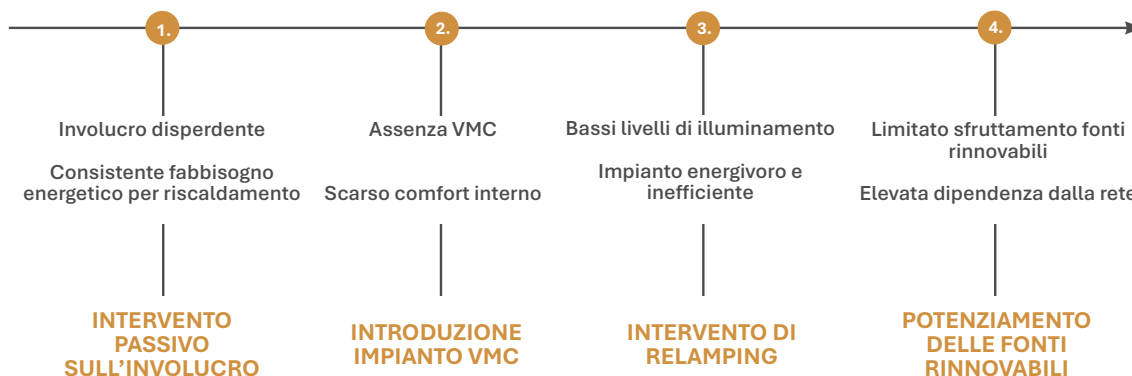
 <b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b> CODICE IDENTIFICATIVO: 072025 VALIDO FINO AL: 14/12/2035																																										
<b>DATI GENERALI</b>																																										
<b>Destinazione d'uso</b> <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale  Classificazione D.P.R. 412/93: E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	<b>Oggetto dell'attestato</b> <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari  Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input checked="" type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____																																								
<b>Dati identificativi</b> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">           Regione : Liguria            Comune : Stella (SV)            Indirizzo : Località Rovieto Inferiore 25            Piano :            Interno :            Coordinate GIS : 0,00000 ; 0,00000         </td> <td style="width: 50%;">           Zona climatica : D            Anno di costruzione:            Superficie utile riscaldata: <math>1959,63 \text{ m}^2</math>            Superficie utile raffrescata: <math>0,00 \text{ m}^2</math>            Volume lordo riscaldato: <math>9693,91 \text{ m}^3</math>            Volume lordo raffrescato: <math>0,00 \text{ m}^3</math> </td> </tr> </table>			Regione : Liguria Comune : Stella (SV) Indirizzo : Località Rovieto Inferiore 25 Piano : Interno : Coordinate GIS : 0,00000 ; 0,00000	Zona climatica : D Anno di costruzione: Superficie utile riscaldata: $1959,63 \text{ m}^2$ Superficie utile raffrescata: $0,00 \text{ m}^2$ Volume lordo riscaldato: $9693,91 \text{ m}^3$ Volume lordo raffrescato: $0,00 \text{ m}^3$																																						
Regione : Liguria Comune : Stella (SV) Indirizzo : Località Rovieto Inferiore 25 Piano : Interno : Coordinate GIS : 0,00000 ; 0,00000	Zona climatica : D Anno di costruzione: Superficie utile riscaldata: $1959,63 \text{ m}^2$ Superficie utile raffrescata: $0,00 \text{ m}^2$ Volume lordo riscaldato: $9693,91 \text{ m}^3$ Volume lordo raffrescato: $0,00 \text{ m}^3$																																									
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">Comune catastale</td> <td colspan="4">Stella (SV)</td> <td colspan="2">Sezione</td> <td colspan="2">Foglio</td> <td>25</td> <td colspan="2">Particella</td> <td>725</td> </tr> <tr> <td>Subalterni</td> <td>da</td> <td>1</td> <td>a</td> <td>1</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>da</td> <td>a</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="13">Altri subalterni</td> </tr> </table>			Comune catastale		Stella (SV)				Sezione		Foglio		25	Particella		725	Subalterni	da	1	a	1	da	a	da	a	da	da	a		Altri subalterni												
Comune catastale		Stella (SV)				Sezione		Foglio		25	Particella		725																													
Subalterni	da	1	a	1	da	a	da	a	da	da	a																															
Altri subalterni																																										
<b>Servizi energetici presenti</b> <input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale <input type="checkbox"/> Climatizzazione estiva <input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria <input checked="" type="checkbox"/> Illuminazione <input type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose																																										
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO</b>																																										
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.																																										
<b>Prestazione energetica del fabbricato</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					<b>Prestazione energetica globale</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">           + Più efficiente            A4            A3            A2            A1            B            C            D            E            F            G            — Meno efficiente         </td> <td style="text-align: center;"> <b>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</b>   <b>CLASSE ENERGETICA C</b>   <b><math>EP_{gl,nren}</math> 149,07</b>  <math>\text{kWh/m}^2</math> anno         </td> </tr> </table>	+ Più efficiente A4 A3 A2 A1 B C D E F G — Meno efficiente	<b>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</b>  <b>CLASSE ENERGETICA C</b>  <b><math>EP_{gl,nren}</math> 149,07</b> $\text{kWh/m}^2$ anno	<b>Riferimenti</b> Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:  Se nuovi: <b>A1 (101,13)</b>  Se esistenti:																																
INVERNO	ESTATE																																									
																																										
																																										
+ Più efficiente A4 A3 A2 A1 B C D E F G — Meno efficiente	<b>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</b>  <b>CLASSE ENERGETICA C</b>  <b><math>EP_{gl,nren}</math> 149,07</b> $\text{kWh/m}^2$ anno																																									

Fig. 6.48 Attestato di Prestazione Energetica Stato di fatto (pag. 1).

## 7. Caso studio: scenari di intervento migliorativi

In questo capitolo verranno affrontate le soluzioni progettuali relative all'immobile, allo scopo di ottenere un miglioramento della sua prestazione energetica, in relazione alle criticità individuate durante l'analisi dello stato di fatto.



Come già riportato, il DM 26/6/2015 e il DPR 412/93 stabiliscono rispettivamente gli ambiti di applicazione e la classificazione dell'edificio, dall'incrocio dei quali si ricava la serie completa delle verifiche da rispettare nel caso di un intervento di ristrutturazione importante di I livello in un edificio scolastico. In particolare, la ristrutturazione importante di I livello è un intervento che incide sull'involucro edilizio per almeno il 50% della superficie disperdente complessiva dell'edificio e allo stesso tempo include anche la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva. Nell'edificio in oggetto la superficie disperdente è pari a 3636,7 m<sup>2</sup> e l'intervento ne interesserà il 63%, ovvero 2297,2 m<sup>2</sup>.

I requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio in considerazione.

Le verifiche da rispettare sono del tutto simili a quelle degli edifici di nuova costruzione e possono essere schematizzate in:

- Requisiti relativi all'involucro;

Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione	$H'T < H'T, \lim H'T < 0,80$
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile	$(A_{sol, est}/A_{sup, util}) < (A_{sol, est}/A_{sup, util})_{lim}$ $(A_{sol, est}/A_{sup, util}) < 0,04$
Verifica della massa superficiale $M_s$ o della trasmittanza termica periodica $Y_{IE}$ per le zone (esclusa la F) in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale $I_{ms} \geq 290 \text{ W/m}^2$	$M_s \geq 230 \text{ kg/m}^2$ oppure $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ Per pareti opache verticali (eccezione di quelle nel quadrante NO-N-NE) $Y_{IE} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ Per strutture opache orizzontali e inclinate

Verifica della trasmittanza per zone climatiche C, D, E (eccetto E.8) ed F *	<b><math>U \leq 0,8 W/m^2K</math></b> Per divisori di separazione tra alloggi e per strutture opache verso l'esterno di locali non riscaldati
--	--

\* A differenza degli edifici di nuova costruzione, questa verifica non è sempre obbligatoria nelle Ristrutturazioni di I livello, bensì soltanto nell'ambito di un intervento di ristrutturazione che preveda demolizione e ricostruzione.

- Requisiti relativi ai fabbisogni energetici;

Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento	<b><math>EPH, nd &lt; EPH, nd, lim</math></b>
Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento	<b><math>EPC, nd &lt; EPC, nd, lim</math></b>
Indice di prestazione energetica globale	<b><math>EPgl, tot &lt; EPgl, tot, lim</math></b>

- Requisiti relativi agli impianti;

Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale	<b><math>\eta_H &gt; \eta_{H, lim}</math></b>
Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva	<b><math>\eta_C &gt; \eta_{C, lim}</math></b>
Efficienza media stagionale dell'impianto per la produzione di acqua calda sanitaria	<b><math>\eta_W &gt; \eta_{W, lim}</math></b>

- Utilizzo delle fonti rinnovabili;

Copertura da fonti rinnovabili per il servizio di ACS	<b>65%</b>
Copertura da fonti rinnovabili per i servizi di riscaldamento + ACS + raffrescamento	<b>65%</b>
Installazione impianti fotovoltaici di potenza pari a:	<b><math>P = k \cdot S</math></b> dove <b><math>k = 0,025</math></b>

Le fonti rinnovabili sono un requisito nelle ristrutturazioni di I livello soltanto se queste ultime rientrano nella casistica di "Ristrutturazioni rilevanti". Un edificio si dice sottoposto a ristrutturazione rilevante se ricade in queste categorie:

- edificio esistente avente superficie utile superiore a 1000 m<sup>2</sup>, soggetto a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro;
- edificio esistente soggetto a demolizione e ricostruzione anche in manutenzione straordinaria.

## 7.1 Interventi sull'involucro

I parametri che descrivono il comportamento invernale dell'involucro sono  $H'T$ , ovvero il coefficiente globale di scambio termico, e l'indice di prestazione termica utile per riscaldamento  $EP_{H,nd}$ .

Al fine di ridurre il valore di tali parametri al di sotto dei rispettivi limiti è necessario limitare le dispersioni del calore attraverso la coibentazione delle strutture opache verticali e orizzontali, riducendo l'effetto dei ponti termici, e la sostituzione dei serramenti con modelli caratterizzati da una performance più efficiente.

Nell'ambito di interventi di ristrutturazione importante di I livello, si sottolinea che le verifiche sono "globali", ovvero i parametri oggetto di verifica sono calcolati in considerazione di tutte le strutture che costituiscono l'involucro e non solo quelle oggetto di intervento. Ciò significa dunque che anche le strutture escluse dall'intervento hanno un peso nel calcolo di questi parametri.

Per questo motivo i possibili approcci sono due:

- aumentare la coibentazione delle strutture oggetto di intervento fino a compensare gli effetti negativi causati dalle strutture escluse dall'intervento;
- intervenire anche sulle strutture che erano state inizialmente escluse dagli interventi.

Le verifiche dei parametri invernali relativi all'involucro riguardano la massa superficiale/trasmittanza termica periodica e la trasmittanza delle strutture esterne dei locali non riscaldati (quest'ultima oggetto di verifica soltanto nel caso di intervento comprendente demolizione e ricostruzione).

Le strategie di intervento da adottare per soddisfare tali verifiche sono:

- rendere una struttura pesante, in modo da superare facilmente la verifica della massa superficiale  $M_s$ , seppure nelle nuove costruzioni sia raro oggi utilizzare materiali con densità molto elevata; oppure isolare opportunamente le strutture, scegliendo materiali leggeri ma performanti, cosicché la verifica da soddisfare sia la trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$  e non sarà obbligatorio rispettare il limite della massa superficiale;
- effettuare interventi di isolamento e utilizzare materiali idonei fino a raggiungere il valore limite per quanto riguarda la trasmittanza delle strutture esterne dei locali non riscaldati, il cui valore secondo la norma deve essere pari o minore a  $0,8W/m^2K$ .

I parametri estivi che caratterizzano l'involucro sono l'area solare equivalente estiva  $A_{sol,est}/A_{sup,util}$  e l'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento  $EP_{C,nd}$ .

In questo ambito i metodi di approccio per apportare un miglioramento di tali valori sono:

- ridurre l'irraggiamento solare, intervenendo sul fattore  $g$  del vetro dei serramenti

parametro (che misura quanta energia solare totale viene trasmessa all'interno di un edificio attraverso un serramento). Bisogna tenere conto, però, che tramite la riduzione dell'irraggiamento solare si modificherà anche il comportamento invernale dell'involucro, portando a un peggioramento di  $EP_{H,nd}$ . È quindi necessario raggiungere un equilibrio tra il comportamento invernale dell'immobile e quello estivo;

- migliorare, o aggiungere se assenti, le schermature ai serramenti. A differenza del fattore di trasmissione solare  $g$  del vetro, il quale rimane invariato nel periodo invernale ed estivo, le schermature possono essere applicate anche solamente nel periodo estivo, consentendo di migliorare il comportamento estivo senza peggiorare quello invernale.

Anche nel caso delle verifiche estive occorre sempre considerare che le verifiche hanno carattere globale.

### 7.1.1 Interventi sulle strutture opache verticali

Dall'analisi dello stato di fatto si è potuto constatare quali elementi opachi verticali non soddisfano i requisiti minimi stabiliti dalla normativa. Non trattandosi di un edificio particolarmente datato, tutte le pareti dell'involucro esterno sono prefabbricate (eccetto la parete in laterizio forato PE15) e presentano almeno uno strato di isolante, ma alcune di esse, quelle meno massicce, vedono entrambi i valori di massa superficiale e trasmittanza termica periodica al di sopra dei limiti. Le pareti più massicce, invece, risultano piuttosto performanti e caratterizzate da trasmittanza termica già al di sotto del limite imposto per eventuali detrazioni ( $U \leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Strutture opache	U (W/m <sup>2</sup> K)	Ms (kg/m <sup>3</sup> )	Y <sub>IE</sub> (W/m <sup>2</sup> K)
PE35	0,222	174,27	0,033
PE30	0,223	174,21	0,033
PE20	0,390	143,00	0,289
PE15	1,930	86,04	1,644
PILsuPE35	0,357	1583,00	0,005
PILsuPE20	0,324	1583,00	0,005
PILsuPE20intercapedine	0,315	1583,00	0,004
Tetto vano scale (piano terra)	4,474	142,4	4,112
Copertura predalles	1,635	662,3	0,002
Copertura legno palestra	0,199	138,30	1,14

Fig. 7.1 Verifiche elementi opachi verticali.

Le criticità principali riguardano l'inerzia interna molto bassa, la massa distribuita in modo inefficace e il posizionamento dell'isolante spesso tra due strati leggeri di c.a.

L'inserimento dell'isolamento aggiuntivo all'interno potrebbe apportare un miglioramento alla trasmittanza termica, ma peggiorare ulteriormente la trasmittanza termica periodica e il comfort estivo. L'applicazione della coibentazione all'esterno, invece, permetterebbe

di sfruttare maggiormente entrambi i pannelli in c.a. come parte dell'inerzia interna e abbassare il valore di  $Y_{IE}$ .

Sebbene l'edificio in oggetto sia contraddistinto da un utilizzo prevalentemente invernale, la verifica della trasmittanza termica periodica non va sottovalutata, in quanto è possibile che si verifichino condizioni di surriscaldamento anche nei periodi di mezza stagione. Inoltre, il rispetto di tale parametro è un requisito normativo indipendente dal dall'utilizzo stagionale o meno dell'edificio. È stato pertanto predisposto l'inserimento di coibentazione aggiuntiva all'esterno per le pareti:

- **PE20** (palestra e ingressi piano terra e primo piano), caratterizzate attualmente da struttura a sandwich con pannello EPS tra due pannelli prefabbricati in c.a. Nella porzione di involucro in cui è previsto il cappotto termico sono presenti anche altri tratti di parete con performance termica già soddisfacente (PE35 e PE30), in quanto caratterizzati dalla presenza di ulteriore isolamento sul lato interno del pannello sandwich. Pertanto, anche questi tratti saranno soggetti all'intervento per garantire la continuità del cappotto termico.

Si è scelto di applicare all'esterno:

- 8 cm pannello in lana di roccia ROCKWOOL Rockfront Extra ( $\lambda = 0,036$  W/mK) con intonaco (1cm);
- **PE15** (che separa il vano scale non climatizzato al piano terra dall'ambiente esterno), caratterizzata da struttura in laterizi forati e completamente priva di isolamento. Oltre alla continuità del cappotto esterno, si rende necessario un intervento integrativo dall'interno al fine di garantire il rispetto dei requisiti prestazionali della trasmittanza periodica. È pertanto previsto ulteriormente l'inserimento all'interno:
  - 5 cm pannello in lana di roccia ROCKWOOL Rockfront Extra ( $\lambda = 0,036$  W/mK) con intonaco (1cm).

È stato necessario intervenire sulle pareti esposte alle intercapedini, in quanto, avendo queste ultime dimensioni tali da essere ispezionabili (rispettivamente 70 cm al piano seminterrato e 115 cm al piano terra), sono fortemente ventilate ( $b_{tr}=1$ ) e quindi vengono trattate come muri esterni.

- **PI26** (separa i locali interni del piano seminterrato dall'intercapedine ventilata ispezionabile), costituita da muratura in blocchi di calcestruzzo forati, intercapedine areata, pannello EPS e lastre di cartongesso. Per mantenere l'intercapedine ispezionabile l'intervento previsto mira a mantenere lo spessore della parete contenuto, pur migliorandone significativamente le prestazioni termiche. Si prevede pertanto:

- applicazione di pannelli Stiferite GT (6 cm) su cui viene applicato il nuovo intonaco (1 cm). I pannelli in PIR sono altamente performanti anche per spessori ridotti, rendendoli adatti alla realizzazione di cappotti esterni qualora lo spazio a disposizione sia limitato. L'intercapedine al piano seminterrato confina sul lato superiore con un ambiente riscaldato: è pertanto opportuno provvedere anche alla realizzazione del risvolto

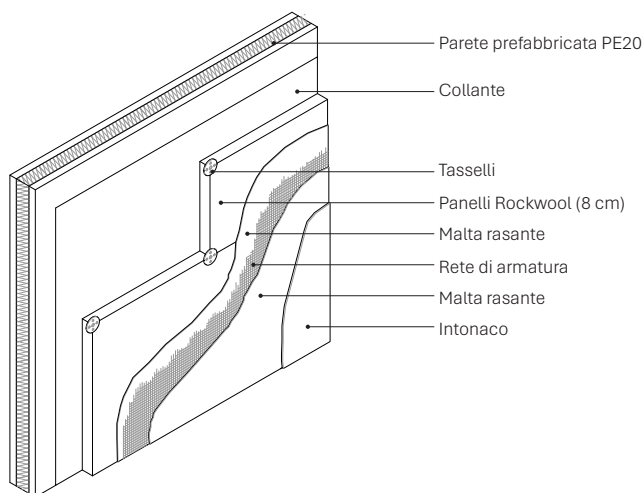
dell'isolante all'intradosso del solaio per l'intera superficie esposta.

- **PI20** (separa locali interni del piano terra dall'intercapedine ventilata ispezionabile al piano terra), caratterizzata dalla medesima stratigrafia di PE20. Mentre presso l'intercapedine del seminterrato è stato previsto un isolamento ad hoc, essendo l'unico componente oggetto di intervento nel piano, in questo caso per la parete PI20 è opportuno che venga applicato il medesimo isolante del cappotto, per via della contiguità con altre pareti in cui ne è predisposta l'installazione.
- **PI15, PI10** (separano i locali riscaldati al piano terra e al primo piano dal vano scale non riscaldato). Si prevede la coibentazione dal lato non riscaldato:
  - 5 cm pannello in lana di roccia ROCKWOOL Rockfront Extra ( $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$ ) con intonaco (1 cm).

La lana di roccia è caratterizzata da un buon comportamento termoigrometrico, da una elevata traspirabilità e da una buona capacità di smaltimento del vapore acqueo, riducendo così il rischio di condensazioni interstiziali e garantendo una durabilità piuttosto estesa delle strutture esistenti. Inoltre, l'elevata densità del pannello Rockwool assicura anche una buona performance estiva. Si qualifica inoltre come scelta particolarmente appropriata anche in relazione ai requisiti di sicurezza antincendio, essendo materiale incombustibile Euroclasse A1, che non contribuisce alla propagazione dell'incendio e non produce fumi tossici. Garantisce buone prestazioni di isolamento acustico, contribuendo alla riduzione dei rumori provenienti dall'esterno e migliorando la qualità degli ambienti didattici.

Il pannello Rockwool Rockfront Extra presenta marcatura CE, è conforme ai criteri minimi ambientali secondo il decreto CAM, ed è provvisto di certificato EPD (Environmental Product Declaration) di Tipo III, redatti secondo le norme EN 15804 e ISO 14025.

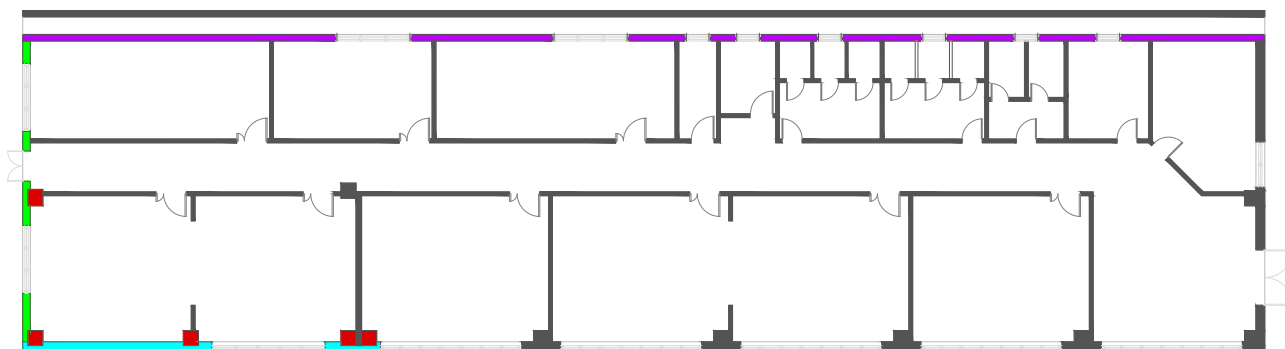
In questo modo si è abbassata per tali componenti opachi verticali anche la trasmittanza termica, la quale pur non essendo un parametro soggetto a verifica nell'ambito di questa tipologia di intervento, assume grande importanza in quanto influenza i valori di  $Y_E$ ,  $H'T$ ,  $EP_{H,nd}$ , i quali, come visto in precedenza, devono rispettare specifici limiti.



**ABACO STRUTTURE OPACHE VERTICALI  
PROGETTO**

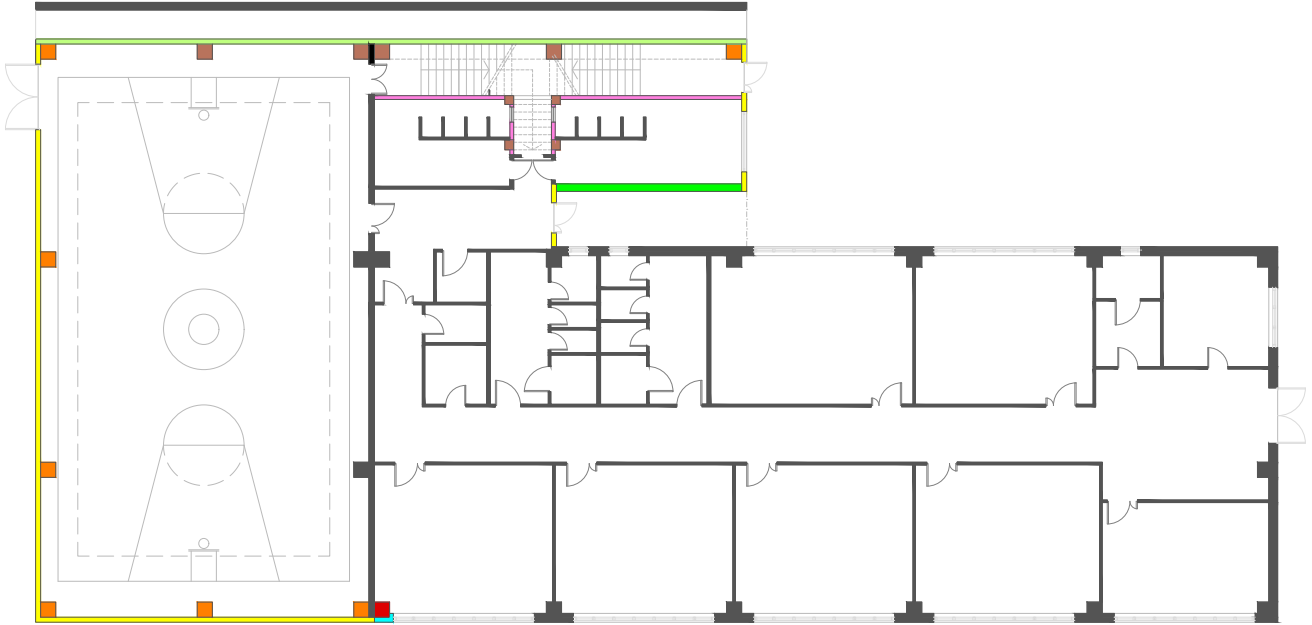
<b>PARETI ESTERNE</b>	<b>TIPOLOGIA</b>	<b>SPESSORE</b>	<b>TRASMITTANZA (W/m<sup>2</sup>K)</b>
PE prefabbricata 35 CAPPOTTO	Pannelli prefabbricati di calcestruzzo	44 cm	0,148
PE prefabbricata 30 CAPPOTTO	Pannelli prefabbricati di calcestruzzo	39 cm	0,149
PE prefabbricata 20 CAPPOTTO	Pannelli prefabbricati di calcestruzzo	29 cm	0,208
PE 15 CAPPOTTO	Laterizi forati	27 cm	0,243
<b>PARETI INTERNE</b>	<b>TIPOLOGIA</b>	<b>SPESSORE</b>	<b>TRASMITTANZA (W/m<sup>2</sup>K)</b>
PI verso intercapedine 26 CAPPOTTO	Blocchi forati calcestruzzo	30 cm	0,218
PI prefabbricata 20	Pannelli prefabbricati di calcestruzzo	26 cm	0,246
PI prefabbricata 15	Pannelli prefabbricati di calcestruzzo	21 cm	0,339
PI prefabbricata 10	Pannelli prefabbricati di calcestruzzo	16 cm	0,545
<b>PILASTRI</b>	<b>TIPOLOGIA</b>	<b>SPESSORE</b>	<b>TRASMITTANZA (W/m<sup>2</sup>K)</b>
Pilastro su PE 35	Calcestruzzo armato	89 cm	0,198
Pilastro su PE 20	Calcestruzzo armato	89 cm	0,188
Pilastro su PI 20	Calcestruzzo armato	89 cm	0,185

**Pianta piano seminterrato (scuola media)**

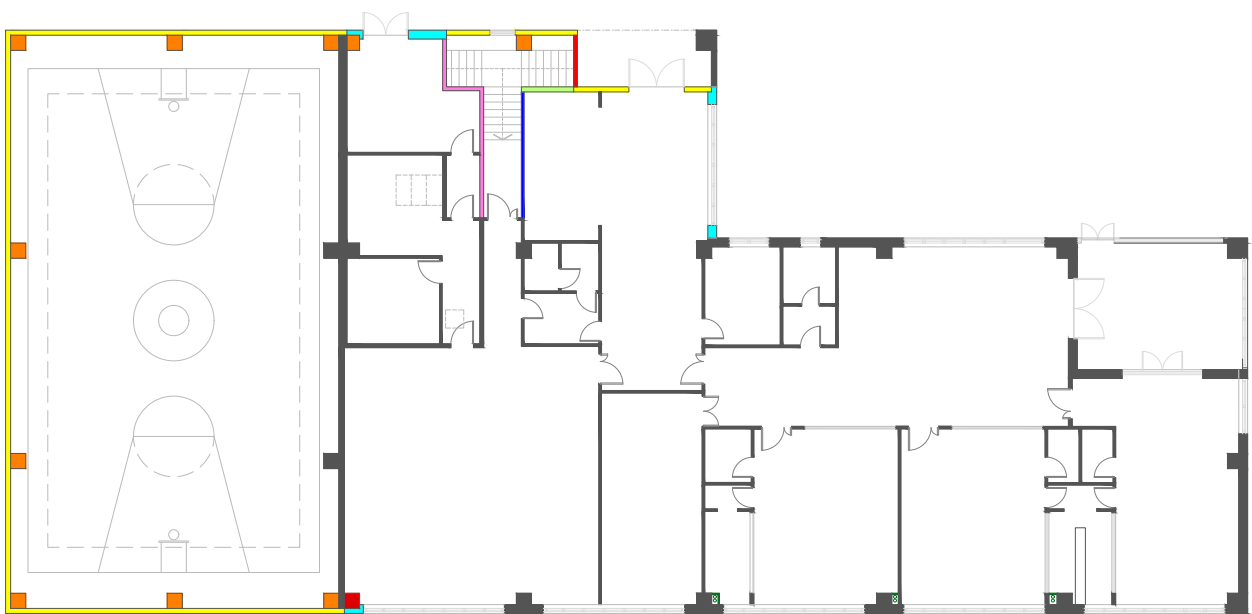


ABACO STRUTTURE OPACHE VERTICALI  
PROGETTO

Pianta piano terra (scuola elementare)



Pianta primo piano (scuola materna)



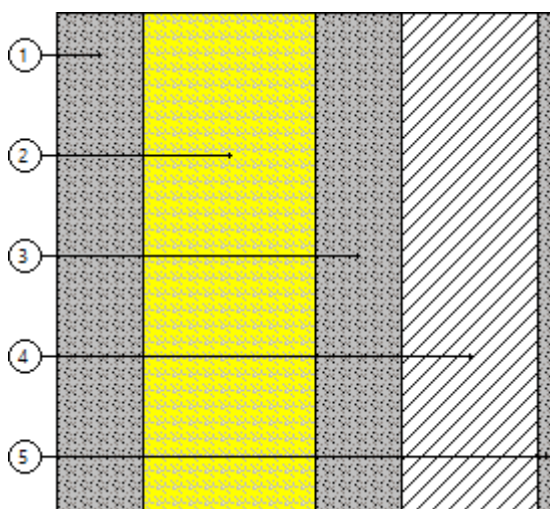
## CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

### PE20 CAPPOTTO

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m <sup>2</sup> K]	$\delta$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Calcestruzzo generico per pareti interne o esterne protette (1400 kg/m <sup>3</sup> )	5,00	0,580		1.400	2,01	0,086
2	pannello isolante polistirolo 30kg/mc	10,00	0,045		30	60,312	2,222
3	Calcestruzzo generico per pareti interne o esterne protette (1400 kg/m <sup>3</sup> )	5,00	0,580		1.400	2,01	0,086
4	ROCKWOOL RockFront	8,00	0,036		110	193	2,222
5	Intonaco di calce e gesso	1,00	0,700		1.400	19,3	0,014
Spessore totale		29,00					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,040
		Resistenza termica totale	4,801
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	0,208		
Trasmittanza termica periodica [W/m <sup>2</sup> K]	0,025		
Sfasamento [h]	10,01		
Smorzamento	0,119		
Capacità termica interna [kJ/m <sup>2</sup> K]	52,952		

**Massa superficiale:** 151,800 kg/m<sup>2</sup>

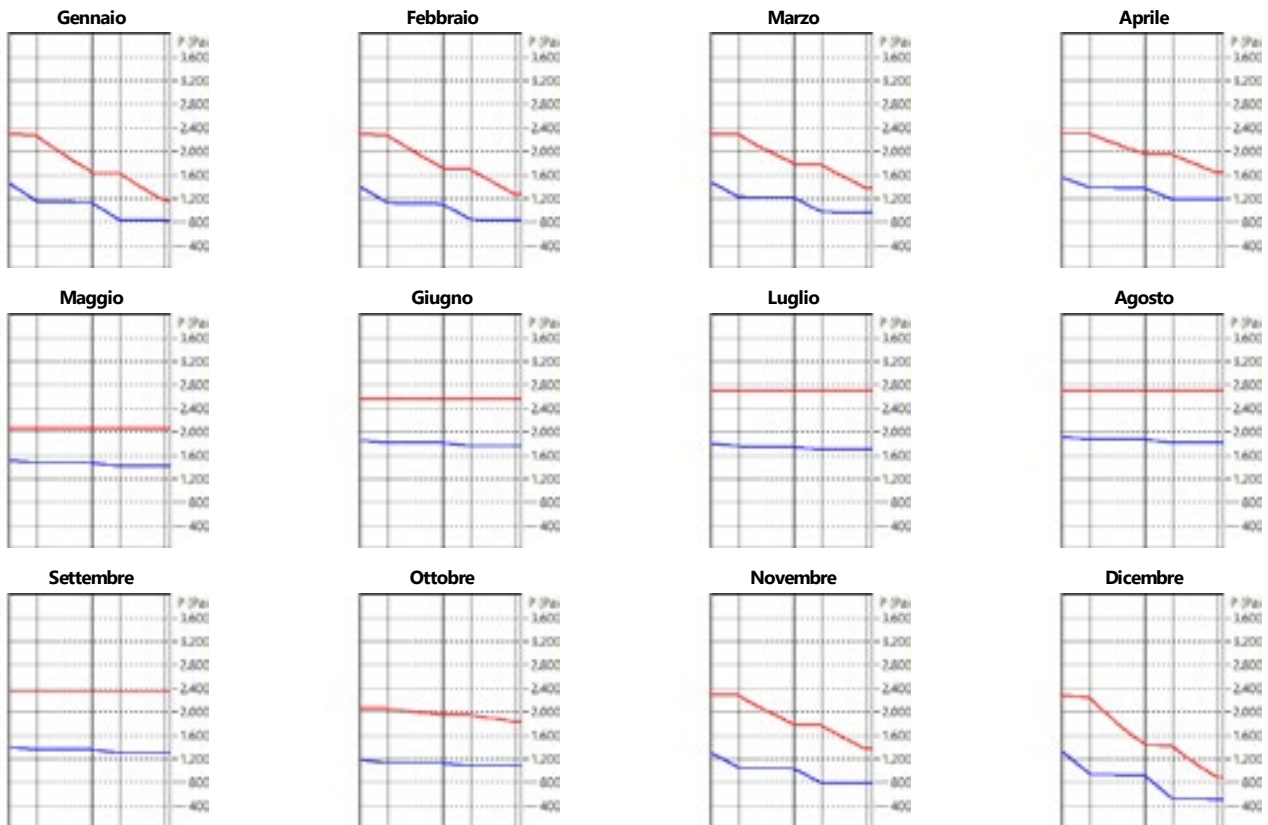


# VERIFICA TERMOIGROMETRICA

## PE20 CAPPOTTO

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	$\mu$	Spessore [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Calcestruzzo generico per pareti interne o esterne protette (1400 kg/m <sup>3</sup> )	96,0	5,00	0,086
2	pannello isolante polistirolo 30kg/mc	3,2	10,00	2,222
3	Calcestruzzo generico per pareti interne o esterne protette (1400 kg/m <sup>3</sup> )	96,0	5,00	0,086
4	ROCKWOOL RockFront	1,0	8,00	2,222
5	Intonaco di calce e gesso	10,0	1,00	0,014
Resistenza superficiale interna				0,130
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				4,801

Mese	T <sub>i</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [°C]	P <sub>e</sub> [Pa]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>si,min</sub> [°C]	f <sub>rsi,min</sub>	g <sub>c</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	20,0	1451	9,1	818	19,4	16,0	0,6298	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1396	10,4	826	19,5	15,4	0,5158	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1467	11,6	956	19,6	16,1	0,5393	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1564	14,3	1186	19,7	17,1	0,4980	0,00000	0,00000
Maggio	18,0	1516	17,9	1416	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Giugno	21,4	1859	21,4	1759	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Luglio	22,3	1798	22,3	1698	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Agosto	22,3	1916	22,3	1816	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Settembre	20,0	1405	20,0	1305	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Ottobre	18,0	1182	16,1	1082	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1296	11,5	781	19,6	14,2	0,3181	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1332	5,0	498	19,2	14,6	0,6421	0,00000	0,00000



f<sub>rsi</sub> Struttura: 0,949

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

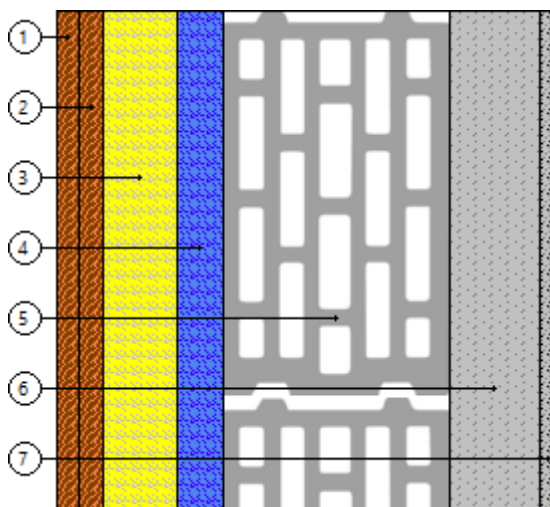
## CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

### PI26 intercapedine CAPPOTTO

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m <sup>2</sup> K]	$\delta$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Cartongesso in lastre	1,50	0,210		900	24,125	0,071
2	Cartongesso in lastre	1,50	0,210		900	24,125	0,071
3	pannello isolante polistirolo 30kg/mc	5,00	0,045		30	60,312	1,111
4	Aria intercapedine flusso orizzontale 30 mm	3,00		5,423	1	193	0,184
5	blocchi forati calcestruzzo spessore 20-30	15,00	0,500		1.400	9,019	0,300
6	Stiferite GT	6,00	0,022		36	1,304	2,727
7	Intonaco di calce e gesso	1,00	0,700		1.400	19,3	0,014
Spessore totale		33,00					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,130
		Resistenza termica totale	4,740
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	0,211		
Trasmittanza termica periodica [W/m <sup>2</sup> K]	0,011		
Sfasamento [h]	10,91		
Smorzamento	0,053		
Capacità termica interna [kJ/m <sup>2</sup> K]	24,742		

**Massa superficiale:** 240,697 kg/m<sup>2</sup>

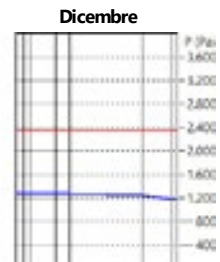
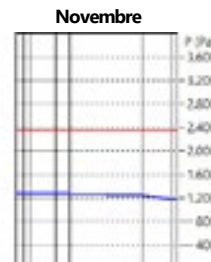
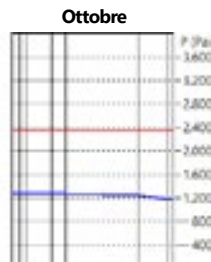
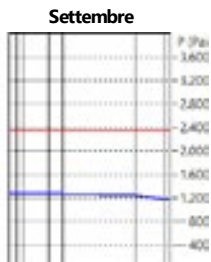
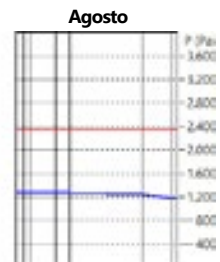
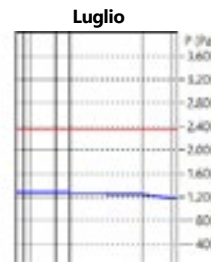
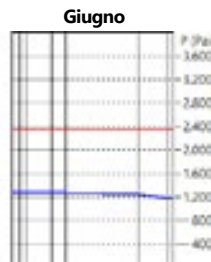
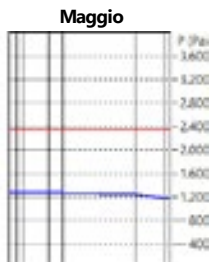
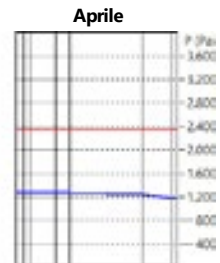
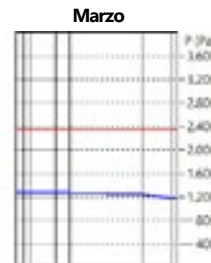
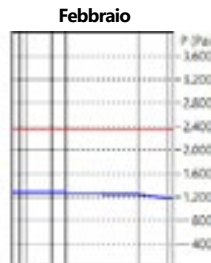
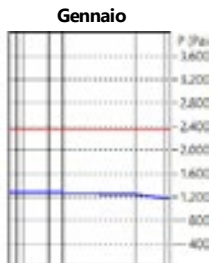


## VERIFICA TERMOIGROMETRICA

### PI26 intercapedine CAPPOTTO

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	$\mu$	Spessore [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]	
1	Cartongesso in lastre	8,0	1,50	0,071	
2	Cartongesso in lastre	8,0	1,50	0,071	
3	pannello isolante polistirolo 30kg/mc	3,2	5,00	1,111	
4	Aria intercapedine flusso orizzontale 30 mm	1,0	3,00	0,184	
5	blocchi forati calcestruzzo spessore 20-30	21,4	15,00	0,300	
6	Stiferite GT	148,0	6,00	2,727	
7	Intonaco di calce e gesso	10,0	1,00	0,014	
Resistenza superficiale interna					0,130
Resistenza superficiale esterna					0,130
Totale				33,00	4,740

Mese	T <sub>i</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [°C]	P <sub>e</sub> [Pa]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>si,min</sub> [°C]	f <sub>rsi,min</sub>	g <sub>c</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	20,0	1268	20,0	1168	20,0	13,9	0,0000	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1268	20,0	1168	20,0	13,9	0,0000	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1268	20,0	1168	20,0	13,9	0,0000	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1268	20,0	1168	20,0	13,9	0,0000	0,00000	0,00000
Maggio	20,0	1268	20,0	1168	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Giugno	20,0	1268	20,0	1168	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Luglio	20,0	1268	20,0	1168	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Agosto	20,0	1268	20,0	1168	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Settembre	20,0	1268	20,0	1168	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Ottobre	20,0	1268	20,0	1168	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1268	20,0	1168	20,0	13,9	0,0000	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1268	20,0	1168	20,0	13,9	0,0000	0,00000	0,00000



f<sub>Rsi</sub> Struttura: 0,949

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

## 7.1.2 Interventi sulle strutture opache orizzontali

L'analisi dello stato di fatto ha evidenziato come, ad eccezione della copertura piana in predalles che era già stata recentemente oggetto di ristrutturazione, i solai controterra e di copertura non soddisfino la verifica estiva e siano responsabili di dispersioni significative.

Gli interventi previsti hanno l'obiettivo di agire sulla trasmittanza dei solai, abbassando i valori dei parametri oggetto delle verifiche stabilite dalla normativa vigente, ovvero  $H^*_{\tau}$ ,  $EP_{H,nd}$  e  $Y_{IE}$ .

Si differenziano gli interventi, a seconda della posizione e della stratigrafia dei solai.

- **Basamento controterra (piano seminterrato)**

Il solaio è caratterizzato da inerzia termica elevata ma isolamento insufficiente ed è quindi responsabile di significative dispersioni verso il terreno. Si è optato per la rimozione del massetto e della pavimentazione attuale in gres, ma per il mantenimento della struttura in calcestruzzo alleggerito e calcestruzzo a struttura chiusa di argilla espansa, sopra la quale si prevede:

- la posa di pannelli Stiferite GT (10 cm). Il pannello rigido di schiuma polyiso (PIR) è rivestito su entrambi i lati con membrana gas impermeabile multistrato. e ha prestazioni termiche molto elevate ( $\lambda = 0,022$  W/mK), permettendo di mantenere uno spessore contenuto del solaio e di svolgere un intervento limitatamente invasivo. I pannelli PIR presentano resistenza a compressione  $\geq 150$  kPa, adatta all'utilizzo in solai soggetti a calpestio e sotto il massetto di calcestruzzo;
- il getto del nuovo massetto di calcestruzzo alleggerito (4 cm);
- la posa della nuova finitura. Per coerenza con il resto dell'edificio, per la finitura si è optato per la posa di piastrelle in ceramica (1,5 cm).

- **Basamento controterra (piano terra)**

Nei solai prefabbricati tipo RAP, l'isolamento è inesistente e la performance non è sufficiente a garantire valori di trasmittanza conformi agli standard attuali. Tuttavia, al piano terra vi sono dei locali il cui solaio è in parte contro terra e in parte confinante con il piano seminterrato, pertanto, per le complicazioni che comporterebbe, si è scelto di intervenire soltanto sul basamento del piano inferiore.

- **Solaio tra ambiente non riscaldato ed esterno**

È un solaio prefabbricato posizionato tra il vano scale non riscaldato al piano terra e l'esterno. L'isolamento viene previsto all'intradosso del solaio, lato ambiente interno, in modo da ridurre le dispersioni senza interferire con la fruizione dello spazio calpestabile soprastante, presso l'ingresso del primo piano. In questo caso si è optato per l'applicazione di pannelli di lana di roccia Rockwool RockFront (14 cm), con intonaco (1 cm).

- **Solaio tra ambiente riscaldato e non riscaldato**

- Presso l'intercapedine del piano seminterrato si effettua la coibentazione del solaio discendente che la separa dai locali riscaldati al piano superiore. Si è optato per l'inserimento di pannelli rigidi Stiferite GT (10cm) con intonaco (1cm). La scelta del materiale è stata dettata dalla necessità di assicurare la continuità con il cappotto termico realizzato con lo stesso pannello per la parete PI26, che separa le aule del seminterrato dall'intercapedine ventilata. Era stato necessario prediligere un isolante caratterizzato da conduttività molto bassa per ottenere una diminuzione significativa della trasmittanza mantenendo uno spessore contenuto dell'elemento, per garantire l'ispezionabilità dell'intercapedine.
- Presso il vano scale un solaio prefabbricato, con la medesima stratigrafia dei solai interpiano e della copertura precedentemente menzionata, separa l'ambiente non riscaldato dai locali climatizzati del piano superiore. Viene prevista la coibentazione in intradosso del solaio discendente, installando sul lato inferiore della soletta prefabbricata RAP pannelli di lana di roccia Rockwool Rockfront (14 cm) con intonaco (1 cm).

- **Copertura lignea curva non praticabile (palestra)**

La copertura lignea è responsabile di elevata dispersione termica invernale e di scarso controllo del surriscaldamento estivo, dovuti all'assenza degli strati tecnici di isolamento e barriera al vapore. L'intervento prevede la realizzazione di un tetto "freddo" o ventilato, ovvero in cui è disposta la presenza di una membrana traspirante e di una camera di ventilazione.

Si è optato per un intervento di isolamento estradossale, che mantenga intatta la struttura del solaio ligneo esistente. Dal basso verso l'alto:

- viene predisposto l'inserimento di un freno al vapore igrovariabile Soltech Tectum 140 in polipropilene apposito per materiali lignei (0,2 mm);
- su di esso verranno posati due strati continui di pannelli in fibra di legno Multitherm 110 (8 cm ciascuno) per l'isolamento termico e acustico;
- sul lato freddo dell'isolante termico viene applicata una membrana impermeabile traspirante in polipropilene apposita per tetti ventilati Soltech Ventus 150 (0,5 mm);
- a seguire si realizza una camera di ventilazione (6 cm), chiusa da un tavolato di legno fuggato su listelli;
- per la finitura si dispone sul tavolato una stuoia a filamenti drenante apposito per coperture metalliche con sottostruttura in legno Rheinzink Air-Z (0,8 mm), per scongiurare il ristagno di condensa, su cui verrà posto tramite graffette di fissaggio il manto in lamiera Zintek con doppia aggraffatura di

zinco-titanio (0,6 mm), per il peso ridotto e l'applicazione coerente con la copertura curva non praticabile.

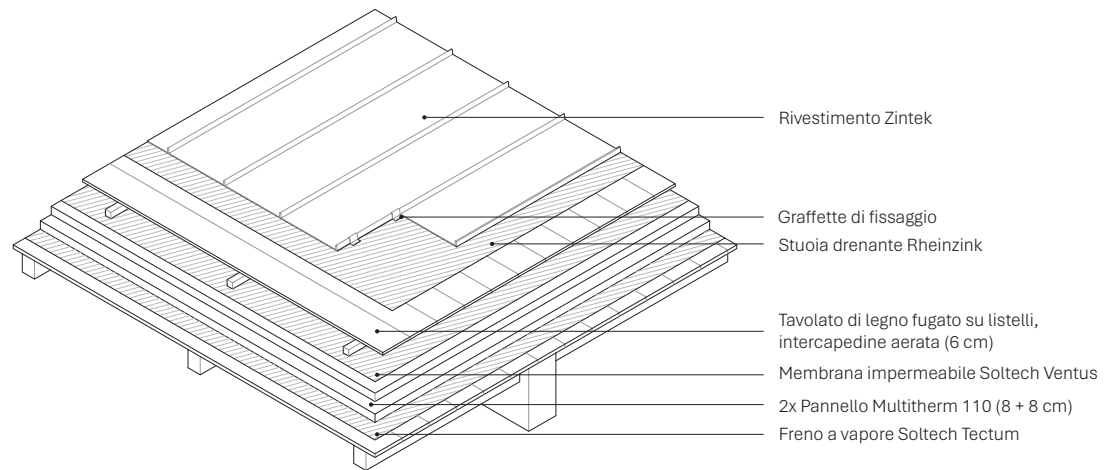


Fig. 7.3 Dettaglio tetto ventilato palestra.

#### SPECIFICHE TECNICHE



##### UTILIZZO

Manti e rivestimenti in copertura



##### PIANO DI POSA

Tavolato in abete, grezzo, pannelli in cemento/legno, lamiera metallica, pannelli in legno massiccio a 3 strati



##### PENDENZA DI FALDA

> 3° (5%)



##### FORMATI

Lunghezze standard: 180 mm, 240, 300, 435, 500 mm



##### SPESSORI

0,7 mm

Fig. 7.4 Specifiche tecniche tetto ventilato [Fonte: Zintek].

#### TIPOLOGIE DI AGGRAFFATURA



**AGGRAFFATURA ANCORATA 25 mm**  
per pendenze > 25°  
(40%)



**AGGRAFFATURA ANCORATA 38 mm**  
per pendenze > 25°  
(40%)



**AGGRAFFATURA DOPPIA 25 mm**  
per pendenze > 3° (22%)  
vengono installate guarnizioni nell'aggraffatura o in alternativa inserito uno strato impermeabile



**AGGRAFFATURA DOPPIA 38 mm**  
per pendenze > 3° (22%)

Fig. 7.5 Tipologie di aggraffatura tetto ventilato [Fonte: Zintek].

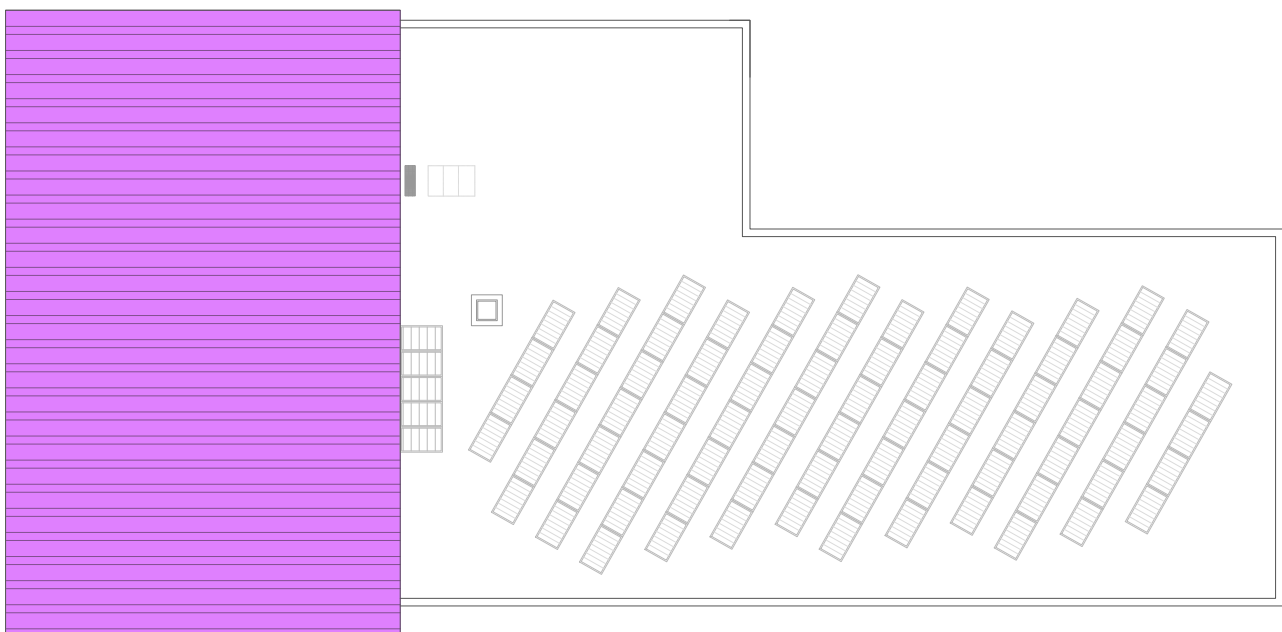
**ABACO STRUTTURE OPACHE O\ORIZZONTALI**  
**PROGETTO**

SOLAI BASAMENTO	TIPOLOGIA	SPESSORE	TRASMITTANZA (W/m <sup>2</sup> K)
Basamento seminterrato	Calcestruzzo alleggerito	35,5 cm	0,191

SOLAI INTERMEDI	TIPOLOGIA	SPESSORE	TRASMITTANZA (W/m <sup>2</sup> K)
Solaio discendente intercapedine	Solaio RAP	21,5 cm	0,201
Solaio discendente vano scale	Solaio RAP	25,5 cm	0,231

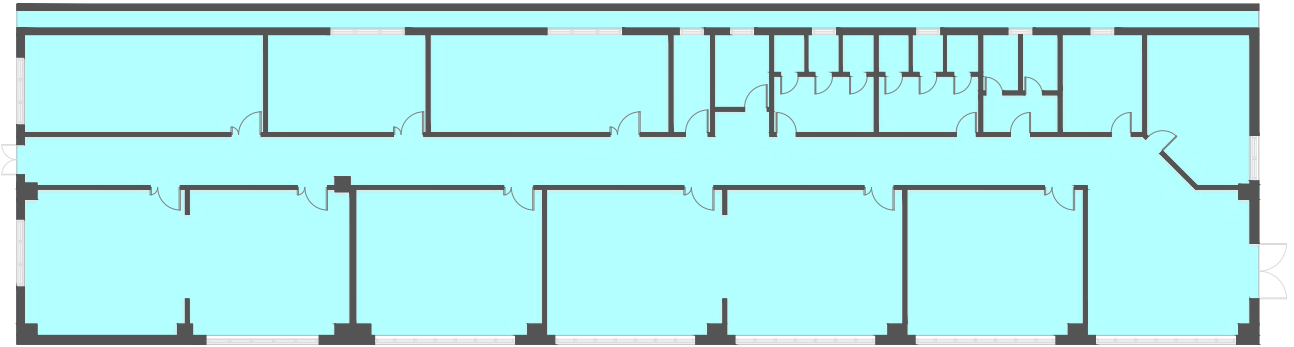
SOLAI COPERTURA	TIPOLOGIA	SPESSORE	TRASMITTANZA (W/m <sup>2</sup> K)
Tetto piano terra	Solaio RAP	25,5 cm	0,242
Copertura legno	Legno abete	45,6 cm	0,205

**Pianta copertura**

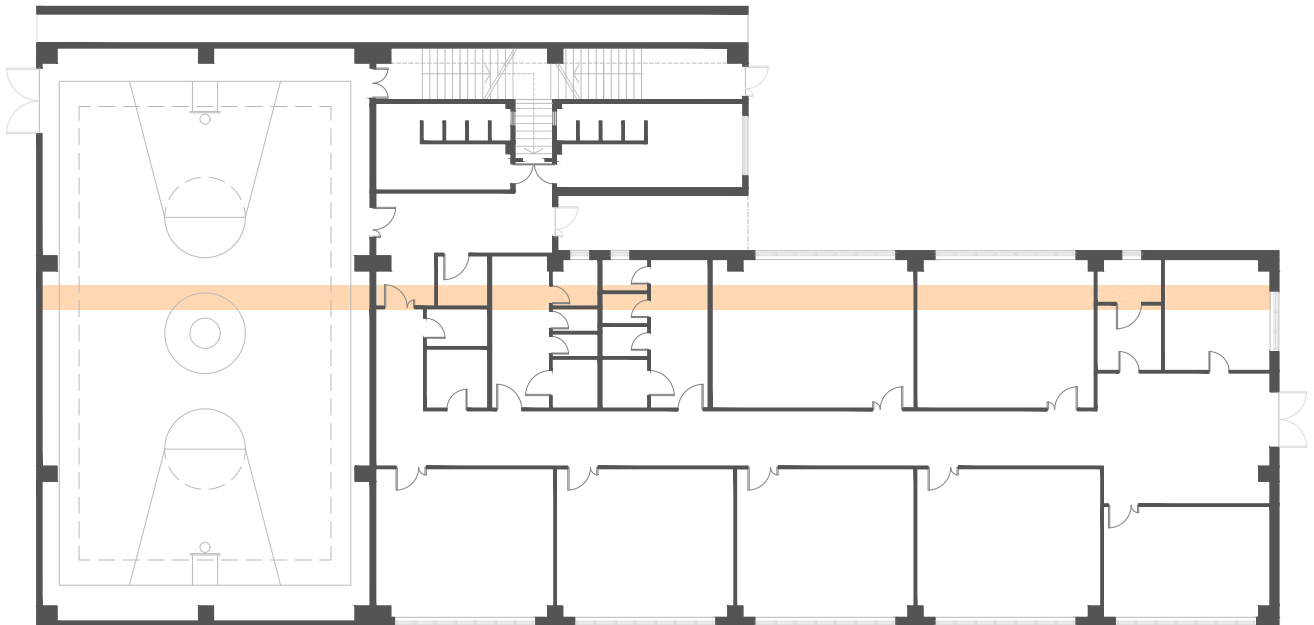


ABACO STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI  
PROGETTO

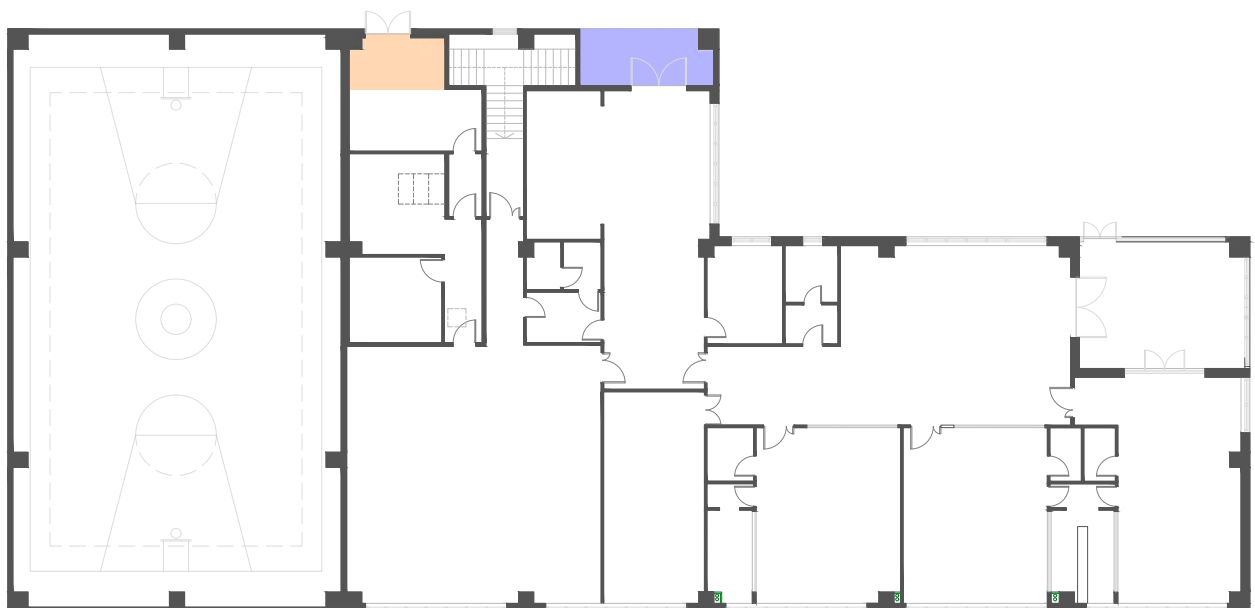
Pianta piano seminterrato (scuola media)



Pianta piano terra (scuola elementare)



Pianta primo piano (scuola materna)



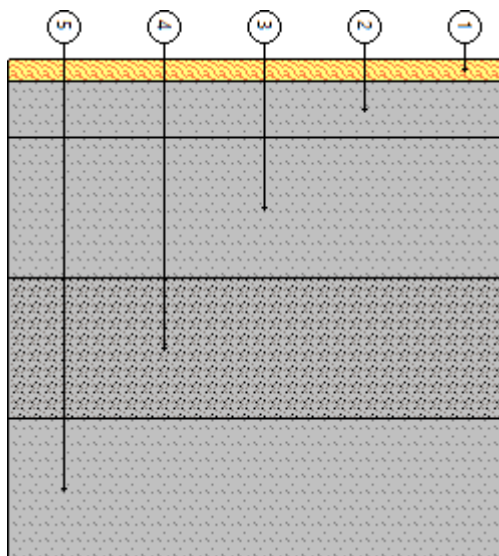
## CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

### Basamento contro terra (piano seminterrato) [1]

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m <sup>2</sup> K]	$\delta$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Piastrelle in ceramica / porcellana	1,50	1,300		2.300	0	0,012
2	Massetto in calcestruzzo alleggerito (1600 kg/m <sup>3</sup> )	4,00	1,080		1.600	1,93	0,037
3	Stiferite GT	10,00	0,022		36	1,304	4,545
4	Calcestruzzo a struttura chiusa di argilla espansa per pareti interne o protette con umidità del 4% (1700 kg/m <sup>3</sup> )	10,00	0,750		1.700	2,01	0,133
5	Calcestruzzo alleggerito (1200 kg/m <sup>3</sup> )	10,00	0,330		1.200	1,93	0,303
Spessore totale		35,50					

		Resistenza superficiale interna	0,170
		Resistenza superficiale esterna	0,040
		Resistenza termica totale	5,240
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	0,191		
Trasmittanza termica periodica [W/m <sup>2</sup> K]	0,020		
Sfasamento [h]	13,25		
Smorzamento	0,102		
Capacità termica interna [kJ/m <sup>2</sup> K]	57,679		

**Massa superficiale:** 392,100 kg/m<sup>2</sup>



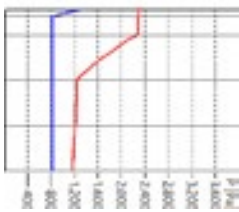
# VERIFICA TERMOIGROMETRICA

## Basamento contro terra (piano seminterrato) [1]

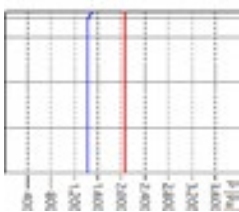
N	Descrizione dall'alto verso il basso	$\mu$	Spessore [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Piastrelle in ceramica / porcellana	1.000.000,0	1,50	0,012
2	Massetto in calcestruzzo alleggerito (1600 kg/m <sup>3</sup> )	100,0	4,00	0,037
3	Stiferite GT	148,0	10,00	4,545
4	Calcestruzzo a struttura chiusa di argilla espansa per pareti interne o protette con umidità del 4% (1700 kg/m <sup>3</sup> )	96,0	10,00	0,133
5	Calcestruzzo alleggerito (1200 kg/m <sup>3</sup> )	100,0	10,00	0,303
Resistenza superficiale interna				0,170
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				5,240

Mese	T <sub>i</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [°C]	P <sub>e</sub> [Pa]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>si,min</sub> [°C]	f <sub>rsi,min</sub>	g <sub>c</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	20,0	1304	9,1	818	19,5	14,3	0,4773	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1266	10,4	826	19,5	13,9	0,3586	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1354	11,6	956	19,6	14,9	0,3900	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1487	14,3	1186	19,7	16,4	0,3586	0,00000	0,00000
Maggio	18,0	1516	17,9	1416	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Giugno	21,4	1859	21,4	1759	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Luglio	22,3	1798	22,3	1698	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Agosto	22,3	1916	22,3	1816	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Settembre	20,0	1405	20,0	1305	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Ottobre	18,0	1182	16,1	1082	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1182	11,5	781	19,6	12,8	0,1508	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1130	5,0	498	19,3	12,1	0,4735	0,00000	0,00000

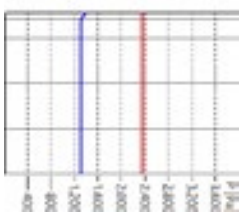
Gennaio



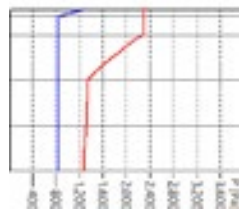
Maggio



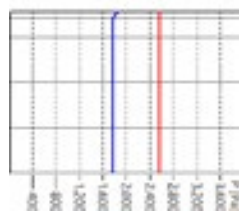
Settembre



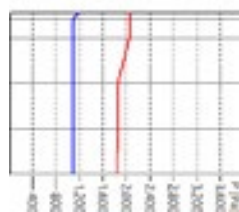
Febbraio



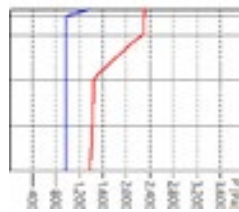
Giugno



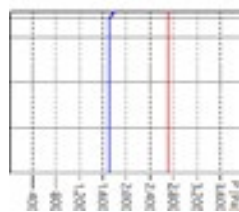
Ottobre



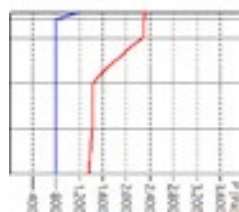
Marzo



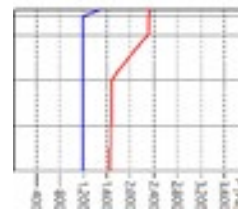
Luglio



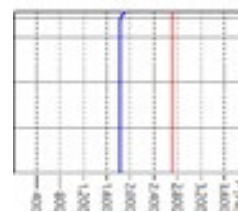
Novembre



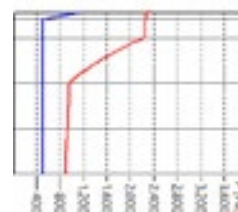
Aprile



Agosto



Dicembre



f<sub>rsi</sub> Struttura: 0,953

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

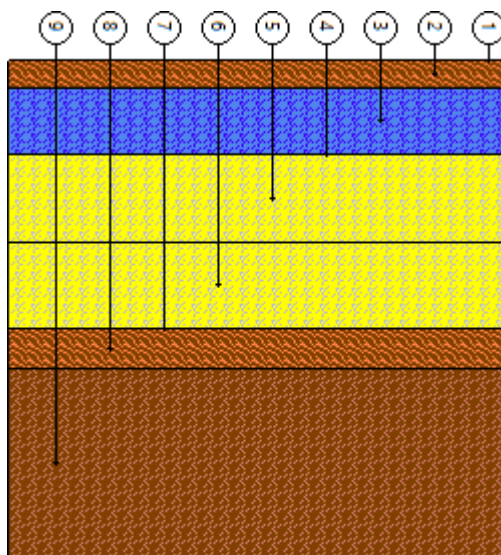
## CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

### Copertura legno palestra [1]

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	$\lambda$ [W/mK]	C [W/m <sup>2</sup> K]	$\delta$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	lamiera aggraffata zincotitanio Zintek	0,06	109,000		7.140	0,004	0,000
2	Abete (flusso parallelo alle fibre)	2,50	0,120		450	4,595	0,208
3	Aria intercapedine flusso ascendente 60 mm	6,00		6,123	1	193	0,163
4	Polipropilene	0,05	0,220		910	0,019	0,002
5	fibra di legno Multitherm 110	8,00	0,038		110	64,333	2,105
6	fibra di legno Multitherm 110	8,00	0,038		110	64,333	2,105
7	Polipropilene	0,02	0,220		910	0,019	0,001
8	Abete (flusso parallelo alle fibre)	3,50	0,120		450	4,595	0,292
9	Travi secondarie - legno + intercapedine d'aria, spessore 100-250	17,50		5,556	700	3,86	0,180
Spessore totale		45,63					

		Resistenza superficiale interna	0,100
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	0,205	Resistenza termica totale	4,885
Trasmittanza termica periodica [W/m <sup>2</sup> K]	0,048		
Sfasamento [h]	12,66		
Smorzamento	0,234		
Capacità termica interna [kJ/m <sup>2</sup> K]	67,146		

**Massa superficiale:** 172,095 kg/m<sup>2</sup>



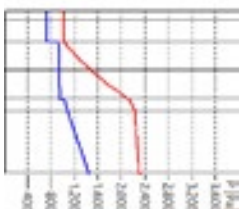
# VERIFICA TERMOIGROMETRICA

## Copertura legno palestra [1]

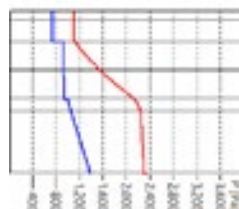
N	Descrizione dall'alto verso il basso	$\mu$	Spessore [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	lamiera aggraffata zincotitanio Zintek	50.000,0	0,06	0,000
2	Abete (flusso parallelo alle fibre)	42,0	2,50	0,208
3	Aria intercapedine flusso ascendente 60 mm	1,0	6,00	0,163
4	Polipropilene	10.000,0	0,05	0,002
5	fibra di legno Multitherm 110	3,0	8,00	2,105
6	fibra di legno Multitherm 110	3,0	8,00	2,105
7	Polipropilene	10.000,0	0,02	0,001
8	Abete (flusso parallelo alle fibre)	42,0	3,50	0,292
9	Travi secondarie - legno + intercapedine d'aria, spessore 100-250	50,0	17,50	0,180
Resistenza superficiale interna				0,100
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				45,63

Mese	T <sub>i</sub> [°C]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [°C]	P <sub>e</sub> [Pa]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>si,min</sub> [°C]	f <sub>rsi,min</sub>	g <sub>c</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	M <sub>a</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	20,0	1445	7,1	714	19,4	15,9	0,6822	0,00000	0,00000
Febbraio	20,0	1389	8,4	722	19,4	15,3	0,5936	0,00000	0,00000
Marzo	20,0	1445	9,6	837	19,5	15,9	0,6060	0,00000	0,00000
Aprile	20,0	1517	12,3	1041	19,6	16,7	0,5660	0,00000	0,00000
Maggio	18,0	1347	15,9	1247	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Giugno	19,4	1654	19,4	1554	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Luglio	20,3	1602	20,3	1502	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Agosto	20,3	1707	20,3	1607	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Settembre	18,0	1252	18,0	1152	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Ottobre	18,0	1052	14,1	952	0,0	0,0	0,0000	0,00000	0,00000
Novembre	20,0	1297	9,5	683	19,5	14,2	0,4488	0,00000	0,00000
Dicembre	20,0	1365	3,0	433	19,2	15,0	0,7063	0,00000	0,00000

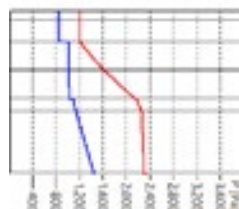
Gennaio



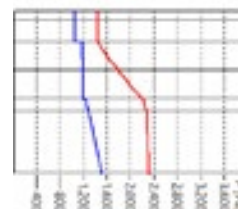
Febbraio



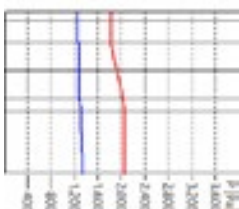
Marzo



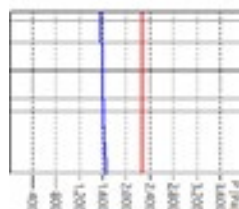
Aprile



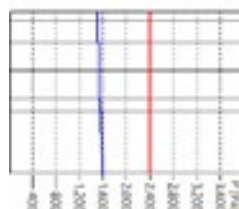
Maggio



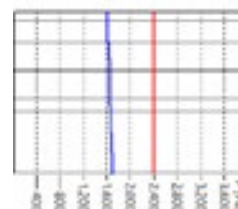
Giugno



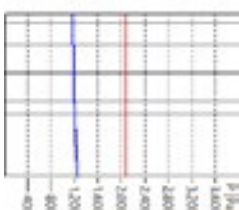
Luglio



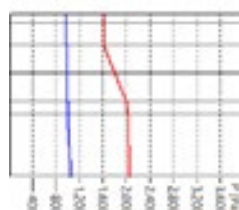
Agosto



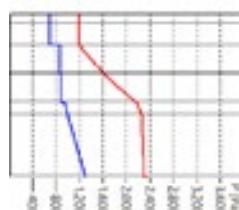
Settembre



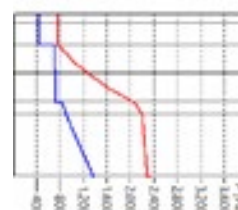
Ottobre



Novembre



Dicembre



f<sub>Rsi</sub> Struttura: 0,950

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

### 7.1.3 Interventi sui serramenti

La progettazione e l'installazione degli infissi negli edifici scolastici, per via della loro destinazione d'uso, sono disciplinate da specifiche normative che riguardano il comfort termico, la durabilità e la sicurezza e devono sottostare a requisiti piuttosto rigidi per garantire il benessere degli utenti, dagli studenti al personale scolastico.

In particolare, la scelta e l'installazione di porte e finestre in edifici scolastici sono influenzate principalmente da:

- **Efficienza energetica:** gli infissi devono sottostare ai parametri di isolamento termico e acustico stabiliti dal D.lgs. 192/2005 e sue successive modifiche. È opportuno che le finestre mantengano una temperatura interna stabile, bilanciando il comportamento invernale, limitando le dispersioni termiche, ed estivo, controllando l'ingresso del calore.
- **Sicurezza:** gli infissi devono presentare caratteristiche tali da minimizzare i rischi di ferite in caso di rottura dei vetri. Negli edifici scolastici è obbligatorio utilizzare vetri stratificati o temperati, oppure applicare pellicole di sicurezza che conferiscano simili prestazioni.  
Secondo la norma UNI EN 12600, nel caso di serramenti esterni è richiesta la classe prestazionale 1B1 (Anticaduta) sotto i 100 cm e la classe 2B2 (Anti-ferita) sopra i 100 cm. La medesima classe prestazionale è richiesta per tutti i vetri interni indipendentemente dall'altezza da terra. Inoltre, i parapetti devono essere più alti rispetto a quanto precedentemente stabilito dalla legge, raggiungendo i 115-120 cm allo scopo di evitare scavalcamenti.
- **Durabilità:** è importante che gli infissi siano realizzati con materiali resistenti e in grado di resistere all'uso intensivo e prolungato. Il materiale degli infissi influenza anche la loro manutenzione e la facilità di pulizia.
- **Accessibilità:** è bene che sia tenuto in conto l'uso da parte di persone con disabilità, tramite l'utilizzo di sistemi di apertura ergonomici, facilmente utilizzabili da persone con mobilità ridotta.

La trasmittanza U degli elementi finestrati verso l'esterno e ambienti non riscaldati e di eventuali cassonetti non è oggetto delle verifiche di legge nell'ambito di ristrutturazione importante di I livello.

Tuttavia, il progetto prevede la sostituzione di tutte le vecchie chiusure trasparenti presenti con altrettante più performanti, in modo tale da influire positivamente sui parametri che invece devono sottostare a specifici limiti, quali  $H'T$ ,  $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$  e  $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ .

Le finestre e le portefinestre scelte per la sostituzione sono marchio DQG, produttore con esperienza documentata in forniture per edifici scolastici.

I modelli scelti sono rispettivamente DQG 85 a vasistas e portoncino d'ingresso DQG 85 Smart, caratterizzati da telaio in PVC con profondità che permette l'installazione di vetrate ad alte prestazioni termiche (spessore del vetro fino a 51 mm) e canalina warm-edge "super spacer", un distanziatore in gomma pre-essicata senza metallo che garantisce un ulteriore aumento della performance termica.

Si è scelto un doppio vetro European Glass con camera riempita di gas Argon, rivestimento basso-emissivo e trattamento riflettente. In particolare, la stratigrafia dall'interno prevede: 33.1 Stratobel iplus Planibel Clear + iplus Energy N pos.2 / 16 mm Argon 90% / 33.1 Stratobel 2x Planibel Clear per uno spessore complessivo di 28 mm. I vetri 33.1 sono costituiti da due lastre di vetro float da 3 mm ciascuna con uno strato intermedio di polivinililbutirrale (PVB) che garantiscono prestazione di sicurezza 1B1 adatte a edifici pubblici e in particolare con parapetti  $\leq 1$  m. Il coefficiente di trasmissione solare del vetro  $g$  si attesta a 0,36 e la trasmissione luminosa  $t_v$  è del 71%.

Nei documenti tecnici disponibili non sono riportati valori specifici di limitazione di apertura per la finestra a vasistas, né di tipo di vetro stratificato installabile. Per coerenza con i requisiti di sicurezza anticaduta per gli edifici scolastici, si ipotizza che la fornitura includa:

- Vetri stratificati conformi a UNI EN 12600.
- Dispositivi di limitazione dell'apertura permanenti (bracci di Newton con apertura massima  $\leq 15$  cm). Secondo l'Allegato IV del D.lgs. 81/2008 (Testo unico sulla sicurezza sul lavoro), una protezione fissa è considerata equivalente a un parapetto se realizza condizioni di sicurezza contro la caduta non inferiori a quelle del parapetto stesso.

Tali ipotesi permetterebbero infatti di mantenere l'altezza del parapetto attuale delle finestre, che si attesta al di sotto della soglia di sicurezza di 1,15 m. In tale contesto la minore altezza del sottofinestra non determina un incremento del rischio residuo, purché la protezione globale sia garantita da dispositivi fissi valutati in termini di sicurezza funzionale.

Di seguito una panoramica delle trasmittanze:

- Trasmittanza termica del vetro doppio basso-emissivo  $U_g=1,0$  W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanza termica del telaio in PVC con taglio termico DQG 85  $U_f=1,0$  W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanza termica del telaio in PVC con taglio termico DQG 85 Smart  $U_f=1,3$  W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanza termica del serramento DQG 85  $U_w=1,1$  W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanza termica del serramento DQG 85 Smart  $U_w=1,2$  W/m<sup>2</sup>K

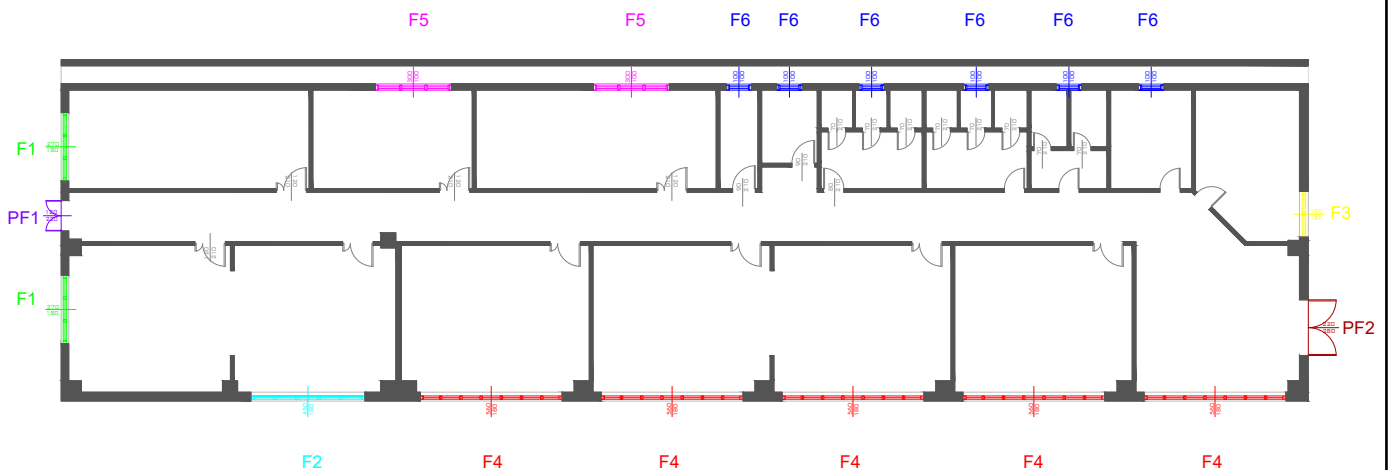
Si è deciso di mantenere le veneziane come sistema di schermatura interno, in quanto l'installazione di avvolgibili comporterebbe un intervento piuttosto invasivo e gli spessori e le stratigrafie delle pareti non sono adeguati all'installazione di cassonetti a scomparsa opportunamente coibentati.

Le veneziane sono considerate come tende, pertanto non presentano una resistenza termica addizionale dovuta alla chiusura oscurante in sé; tuttavia, la media permeabilità all'aria vi conferisce una resistenza addizionale di  $R=0,110$  m<sup>2</sup>K/W. In estate, gli oscuranti possono schermare parzialmente l'irraggiamento diretto, riducendo così il surriscaldamento degli ambienti e la necessità di raffrescamento: per conteggiare i vantaggi estivi dovuti agli elementi schermanti senza penalizzare gli apporti solari nel periodo invernale nel Layout si imposta l'applicazione esclusivamente nel periodo estivo.

**ABACO SERRAMENTI  
PROGETTO**

FINESTRE PIANO SEMINTERRATO	VETRO	A vetro (m <sup>2</sup> )	U vetro (W/m <sup>2</sup> K)	A telaio (m <sup>2</sup> )	U telaio (W/m <sup>2</sup> K)	U tot (W/m <sup>2</sup> K)	g vetro	STRUTTURA
<b>F1</b> Finestra 2,7x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	3,641	1,0	1,219	1,0	1,1	0,36	PE30
<b>F2</b> Finestra 4,5x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	6,068	1,0	2,032	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F3</b> Finestra 1,8x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	2,427	1,0	0,812	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F4</b> Finestra 5,6x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	7,61	1,0	2,47	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F5</b> Finestra 3x1 ATFVD verso intercapedine	33.1/16/33.1 (selettivo)	2,117	1,0	0,883	1,0	1,1	0,36	PE26C
<b>F6</b> Finestra 1x1 ATFVD verso intercapedine	33.1/16/33.1 (selettivo)	0,706	1,0	0,294	1,0	1,1	0,36	PE26C
PORTEFINESTRE PIANO SEMINTERRATO	VETRO	A vetro (m <sup>2</sup> )	U vetro (W/m <sup>2</sup> K)	A telaio (m <sup>2</sup> )	U telaio (W/m <sup>2</sup> K)	U tot (W/m <sup>2</sup> K)	g vetro	STRUTTURA
<b>PF1</b> Portafinestra 1,2x2,2 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	1,707	1,0	0,813	1,0	1,1	0,36	PE20
<b>PF2</b> Portafinestra 2,2x2,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	4,896	1,0	1,264	1,0	1,1	0,36	PE35

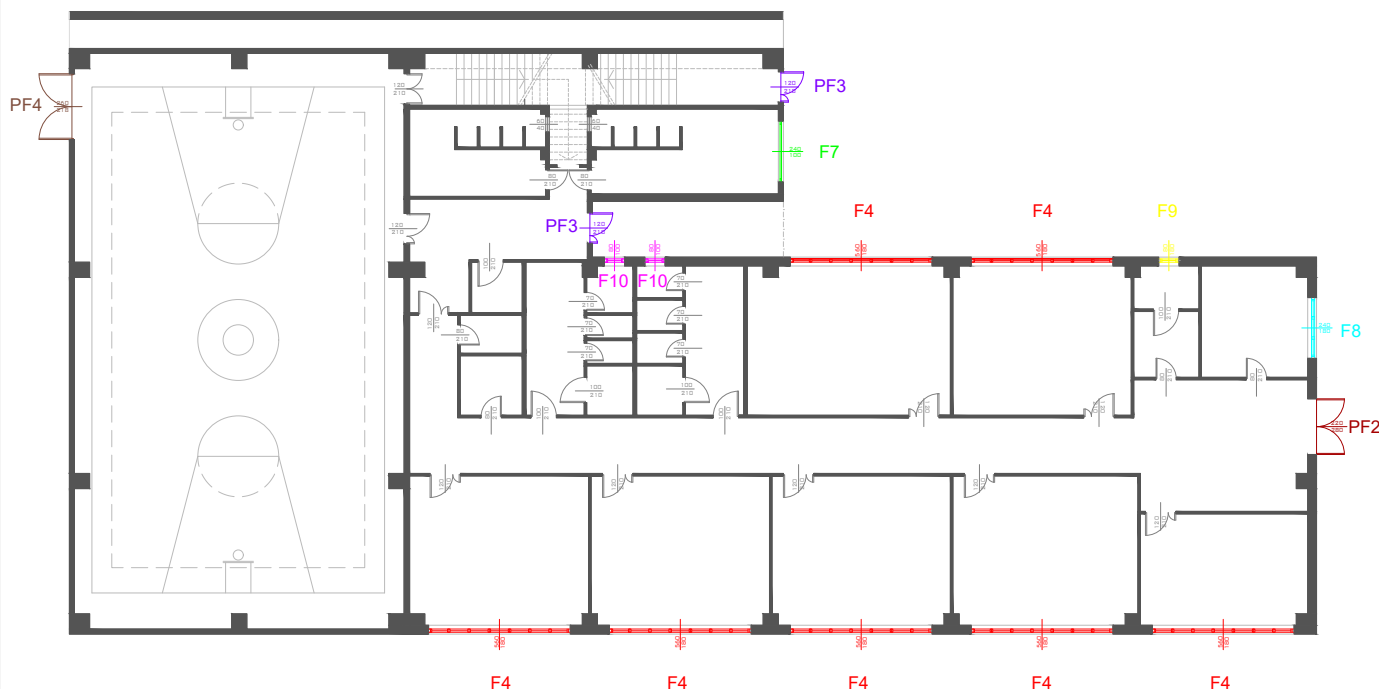
**Pianta piano seminterrato (scuola media)**



## ABACO SERRAMENTI PROGETTO

FINESTRE PIANO TERRA	VETRO	A vetro (m <sup>2</sup> )	U vetro (W/m <sup>2</sup> K)	A telaio (m <sup>2</sup> )	U telaio (W/m <sup>2</sup> K)	U tot(W/m <sup>2</sup> K)	g vetro	STRUTTURA
<b>F4</b> Finestra 5,6x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	7,61	1,0	2,47	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F7</b> Finestra 2,4x1 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	1,882	1,0	0,518	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>F8</b> Finestra 2,4x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	3,149	1,0	1,171	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F9</b> Finestra 0,8x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	1,05	1,0	0,39	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F10</b> Finestra 0,8x1 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	0,538	1,0	0,262	1,0	1,1	0,36	PE35
PORTEFINESTRE PIANO TERRA	VETRO	A vetro (m <sup>2</sup> )	U vetro (W/m <sup>2</sup> K)	A telaio (m <sup>2</sup> )	U telaio (W/m <sup>2</sup> K)	U tot(W/m <sup>2</sup> K)	g vetro	STRUTTURA
<b>PF2</b> Portafinestra 2,2x2,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	4,896	1,0	1,264	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>PF3</b> Portafinestra 1,2x2,1 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	1,707	1,0	0,813	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>PF4</b> Portafinestra 2,6x2,18 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	2,013	1,0	1,027	1,0	1,1	0,36	PE20C

Pianta piano terra (scuola elementare)



**ABACO SERRAMENTI  
PROGETTO**

FINESTRE PRIMO PIANO	VETRO	A vetro (m <sup>2</sup> )	U vetro (W/m <sup>2</sup> K)	A telaio (m <sup>2</sup> )	U telaio (W/m <sup>2</sup> K)	U tot(W/m <sup>2</sup> K)	g vetro	STRUTTURA
<b>F4</b> Finestra 5,6x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	7,61	1,0	2,47	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F9</b> Finestra 0,8x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	1,05	1,0	0,39	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F11</b> Finestra 2,2x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	3,083	1,0	0,877	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F12</b> Finestra 4,35x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	5,822	1,0	2,008	1,0	1,1	0,36	PE20
<b>F13</b> Finestra 4,8x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	5,298	1,0	2,342	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>F14</b> Finestra 1x1,6 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	1,21	1,0	0,39	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>F15</b> Finestra 1,6x1,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	2,099	1,0	0,781	1,0	1,1	0,36	PE35
<b>L</b> Lucernario 1,8x1,2	33.1/16/33.1 (selettivo)	0,458	1,0	0,262	1,0	1,1	0,36	Copertura piana
<b>F18</b> Finestra 4,8x1,2 ATFVD palestra	33.1/16/33.1 (selettivo)	3,994	1,0	1,766	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>F19</b> Finestra 4,15x1,2 ATFVD palestra	33.1/16/33.1 (selettivo)	3,484	1,0	1,496	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>F20</b> Finestra 3,3x1,2 ATFVD palestra	33.1/16/33.1 (selettivo)	2,933	1,0	1,027	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>F21</b> Finestra 7,55x1,2 ATFVD palestra	33.1/16/33.1 (selettivo)	5,99	1,0	2,65	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>F22</b> Palestra 5,38x0,935 media ATFVD palestra	33.1/16/33.1 (selettivo)	3,798	1,0	1,232	1,0	1,1	0,36	PE20C
PORTEFINESTRE PRIMO PIANO	VETRO	A vetro (m <sup>2</sup> )	U vetro (W/m <sup>2</sup> K)	A telaio (m <sup>2</sup> )	U telaio (W/m <sup>2</sup> K)	U tot(W/m <sup>2</sup> K)	g vetro	STRUTTURA
<b>PF2</b> Portafinestra 2,2x2,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	4,896	1,0	1,264	1,0	1,1	0,36	PE20C
<b>PF5</b> Portafinestra 1,5x2,8 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	3,01	1,0	1,19	1,0	1,1	0,36	PE20
<b>PF6</b> Portafinestra 1,8x2,1 ATFVD	33.1/16/33.1 (selettivo)	2,013	1,0	1,027	1,0	1,1	0,36	PE35C

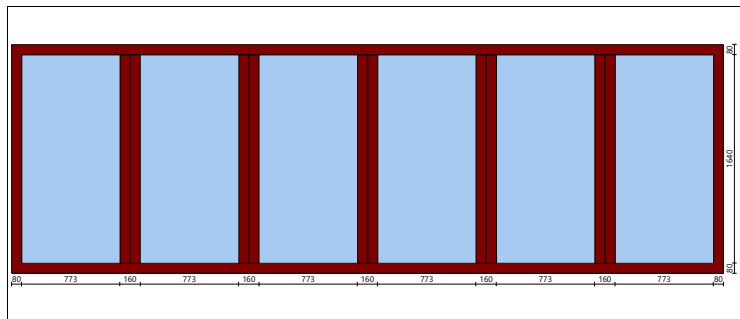
**Pianta primo piano (scuola materna)**



## CARATTERISTICHE TERMICHE DEI SERRAMENTI

### F4 Finestra 5,6x1,8 ATFVD

$A_g$	7,610	$m^2$
$A_f$	2,470	$m^2$
$l_g$	28,960	m
$U_g$	1,000	$W/m^2K$
$U_f$	1,000	$W/m^2K$
$\Psi$	0,041	$W/mK$



### Caratteristiche del serramento

A	10,080	$m^2$
$\Delta R$	0,110	$m^2K/W$
$U_w$	1,100	$W/m^2K$
$U_{w+shut}$	0,981	$W/m^2K$
$U_{w,corr}$	1,029	$W/m^2K$
$g_{gl,n}$	0,36	-

### Legenda

$A_g$	Area del vetro
$A_f$	Area del telaio
$l_g$	Perimetro della superficie vetrata
$U_g$	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
$U_f$	Trasmittanza termica del telaio
$\Psi$	Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
A	Area totale della finestra
$\Delta R$	Resistenza addizionale della chiusura oscurante
$U_w$	Trasmittanza termica del componente trasparente senza chiusura oscurante
$U_{w+shut}$	Trasmittanza termica del componente trasparente con chiusura oscurante
$U_{w,corr}$	Trasmittanza termica ridotta del componente trasparente e della chiusura oscurante
$g_{gl,n}$	Fattore di trasmissione solare normale del vetro

### **7.1.4 Interventi sui ponti termici**

Nell'ambito degli interventi di riqualificazione energetica dell'involucro dell'edificio, è stata posta particolare attenzione alla correzione dei ponti termici, in quanto elementi responsabili in maniera significativa delle dispersioni energetiche e potenziali cause di criticità igrotermiche. L'obiettivo degli interventi non è necessariamente l'azzeramento completo dei ponti termici esistenti, condizione spesso tecnicamente non perseguibile negli interventi sull'esistente, bensì la loro ottimizzazione, anche parziale, mediante la riduzione delle discontinuità dell'involucro e il miglioramento delle prestazioni termoisolanti delle strutture interessate.

A seguito degli interventi realizzati sui componenti dell'involucro edilizio, sia opaco che trasparente, si è proceduto alla revisione sistematica di tutti i ponti termici presenti, adeguandoli alle nuove stratigrafie e alle soluzioni costruttive adottate in fase di progetto. Tale aggiornamento ha consentito di rappresentare correttamente le nuove condizioni al contorno e le modifiche introdotte sugli elementi strutturali e di chiusura.

Successivamente, i ponti termici così corretti sono stati oggetto di ricalcolo, finalizzato alla determinazione dei nuovi valori di trasmittanza termica lineica ( $\psi$ ), al fine di verificarne l'effettiva riduzione e la conformità alle prestazioni energetiche previste. I risultati ottenuti evidenziano un miglioramento significativo rispetto alla configurazione ante intervento, contribuendo in modo positivo al bilancio energetico complessivo dell'edificio.

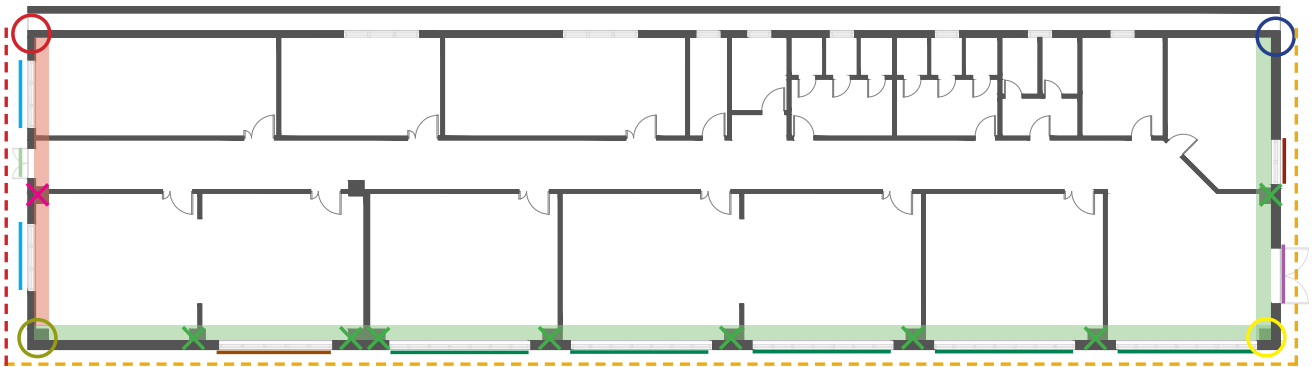
Parallelamente, sono state condotte nuovamente le verifiche termigrometriche previste dalla normativa vigente, volte a escludere il rischio di formazione di condensa superficiale e interstiziale, nonché di fenomeni di crescita microbiologica. Le analisi effettuate non hanno evidenziato condizioni di criticità, confermando l'assenza di muffe e di condensazioni e attestando l'efficacia degli interventi realizzati anche sotto il profilo del comfort interno e della durabilità delle strutture.

**ABACO PONTI TERMICI  
PROGETTO**

CODICE	PONTI TERMICI SEMINTERRATO	TIPOLOGIA	$\Psi$ (W/mK)	L (m)	RISCHIO MUFFA
Z1	C- Angolo Pilastro PILsuPE35	Angolo sporgente con pilastro	0,136	1,902	NO
Z2	C- Angolo Pilastro PILsuPE35-PE30	Angolo sporgente con pilastro	0,136	1,902	NO
Z3	C- Angolo Pareti PE35_PI26int	Angolo sporgente tra pareti	-0,030	1,902	NO
Z4	C- Angolo Pareti PE30_PI26int	Angolo sporgente tra pareti	-0,035	1,902	NO
Z15	P- Pilastro su PE35	Parete esterna con pilastro	0,058	3,805	NO
Z16	P- Pilastro su PE30	Parete esterna con pilastro	0,057	3,805	NO
Z18	W- Serramento F2_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	12,600	NO
Z18	W- Serramento F4_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	14,800	NO
Z18	W- Serramento PF2_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	9,840	NO
Z19	W- Serramento F3_PE35	Serramento in mezzeria	-0,008	7,200	NO
Z20	W- Serramento F1_PE30	Serramento in mezzeria	-0,015	9,000	NO
Z20	W- Serramento PF1_PE30	Serramento in mezzeria	-0,015	6,800	NO
Z25	IF- Basamento_PE35	Parete con solaio contro terra	-0,033	61,850	NO
Z26	IF- Basamento_PE30	Parete con solaio contro terra	-0,025	12,550	NO
Z30	IF- Solaio indefinito_PE35	Parete con solaio interpiano	0,045	30,925	NO
Z31	IF- Solaio indefinito_PE30	Parete con solaio interpiano	0,101	6,275	NO



**Pianta piano seminterrato (scuola media)**



**ABACO PONTI TERMICI  
PROGETTO**

CODICE	PONTI TERMICI PIANO TERRA	TIPOLOGIA	$\Psi$ (W/mK)	L (m)	RISCHIO MUFFA
Z1	C- Angolo Pilastro PILsuPE35	Angolo sporgente con pilastro	0,136	1,777	NO
Z5	C- Angolo Pilastro PILsuPE20	Angolo sporgente con pilastro	-0,067	1,777 7,925 (palestra)	NO
Z6	C- Angolo Pilastro PILsuPE35_PE20	Angolo rientrante con pilastro	-0,028	1,777	NO
Z12	C- Angolo Pareti PE30-PE20	Angolo sporgente tra pareti	-0,066	1,777	NO
Z11	C- Angolo Pareti PE30-PE20	Angolo rientrante tra pareti	0,041	1,777	NO
Z15	P- Pilastro su PE35	Parete esterna con pilastro	0,058	3,555	NO
Z17	P- Pilastro su PE20	Parete esterna con pilastro	0,002	9,255 (palestra)	NO
Z18	W- Serramento F4_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	14,800	NO
Z18	W- Serramento F8_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	8,400	NO
Z18	W- Serramento F9_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	5,200	NO
Z18	W- Serramento F10_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	3,600	NO
Z18	W- Serramento PF2_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	9,840	NO
Z21	W- Serramento PF3_PE20	Serramento su filo esterno	0,017	6,600	NO
Z22	W- Serramento F7_PE20	Serramento su mezzeria	0,001	6,800	NO
Z22	W- Serramento PF4_PE20 palestra	Serramento su mezzeria	0,001	9,560	NO
Z24	IW- Parete interna PI10 su PE20	Parete interna su parete esterna	-0,086	3,555	NO
Z27	GF- Basamento piano terra_PE35	Parete con solaio su terreno	-0,182	30,025	NO
Z28	GF- Basamento piano terra_PE30	Parete con solaio su terreno	-0,182	7,550	NO
Z29	GF- Basamento piano terra_PE20	Parete con solaio su terreno	-0,132	13,449	NO
Z30	IF- Solaio indefinito_PE35	Parete con solaio interpiano	0,045	67,362	NO
Z31	IF- Solaio indefinito_PE30	Parete con solaio interpiano	0,101	3,775	NO
Z32	IF- Solaio indefinito_PE20	Parete con solaio interpiano	0,001	15,400	NO



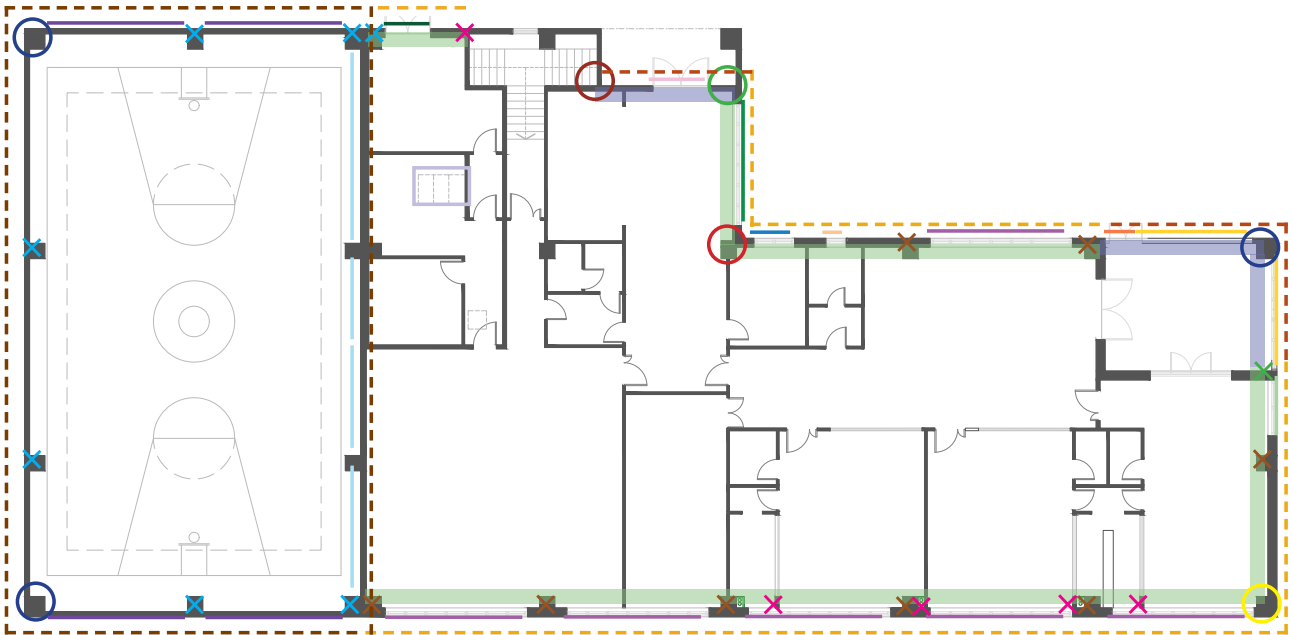
**ABACO PONTI TERMICI  
PROGETTO**

CODICE	PONTI TERMICI PRIMO PIANO	TIPOLOGIA	$\Psi$ (W/mK)	L (m)	RISCHIO MUFFA
Z1	C- Angolo Pilastro PILsuPE35	Angolo sporgente con pilastro	0,136	1,830	NO
Z7	C- Angolo Pilastro PILsuPE35	Angolo rientrante con pilastro	0,084	1,830	NO
Z10	C- Angolo Pareti PE35-PE20	Angolo sporgente tra pareti	-0,065	1,830	NO
Z14	C- Angolo Pareti PE20-PE15	Angolo rientrante tra pareti	0,037	1,830	NO
Z15	P- Pilastro su PE35	Parete esterna con pilastro	0,058	3,660	NO
Z18	W- Serramento F4_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	14,800	NO
Z18	W- Serramento F9_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	5,200	NO
Z18	W- Serramento F11_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	8,000	NO
Z18	W- Serramento F13_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	13,200	NO
Z18	W- Serramento F15_PE35	Serramento su filo esterno	-0,008	6,800	NO
Z21	W- Serramento F12_PE20	Serramento su filo interno	0,017	12,300	NO
Z21	W- Serramento PF2_PE20	Serramento su filo esterno	0,017	9,840	NO
Z21	W- Serramento PF5_PE20	Serramento su filo interno	0,017	8,040	NO
Z19	W- Serramento PF6_PE20	Serramento su filo esterno	0,008	7,800	NO
Z21	W- Serramento F18-F23_PE20 palestra	Serramento su filo interno	0,017	X	NO
Z21	W- Serramento F22_PE20 palestra	Serramento su filo interno	0,017	X	NO
Z23	W- Serramento L_Copertura piana	Lucernario su filo esterno	0,003	6,000	NO
Z24	IW- Parete interna PI15 su PE35	Parete interna su parete esterna	-0,086	3,660	NO
Z30	IF- Solaio indefinito_PE35	Parete con solaio interpiano	0,111	33,392	NO
Z32	IF- Solaio indefinito_PE20	Parete con solaio interpiano	0,001	8,756	NO
Z33	R- Copertura piana_PE35	Parete con solaio di copertura predalles	0,001	66,685	NO
Z34	R- Copertura piana_PE20	Parete con solaio di copertura predalles	-0,075	17,513	NO
Z35	R- Copertura inclinata_PE20	Parete con solaio di copertura legno	-0,092	73,400	NO

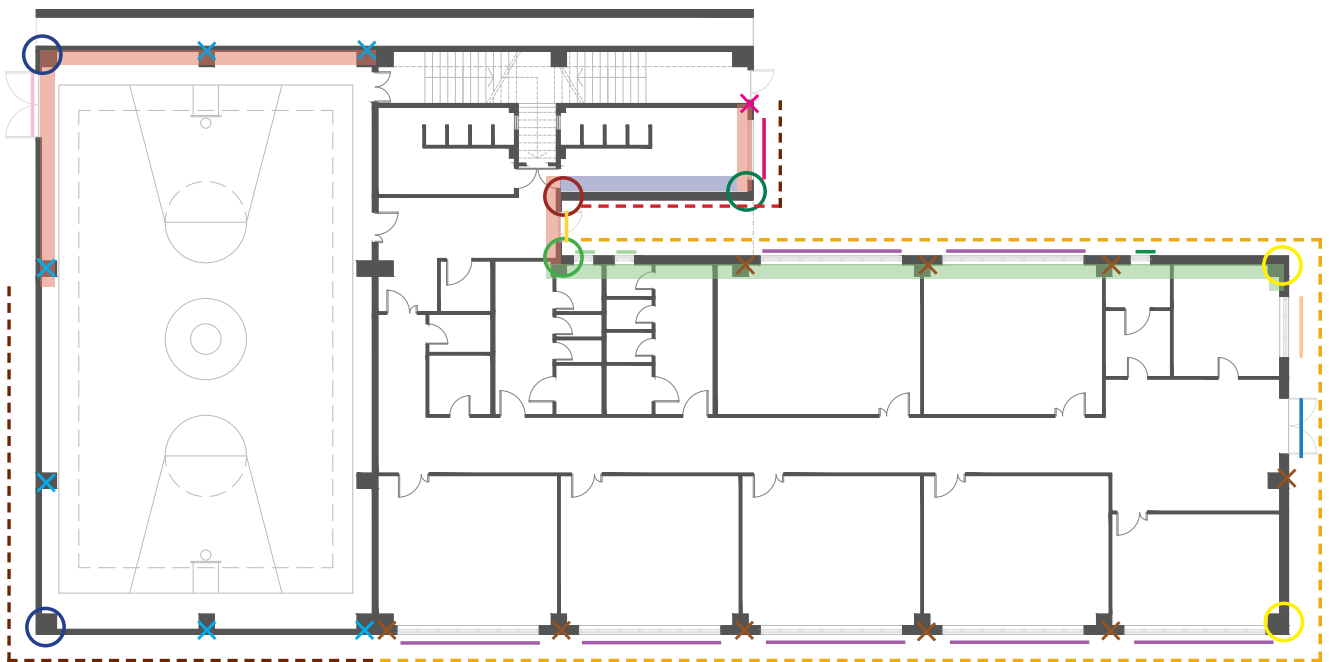


ABACO PONTI TERMICI  
PROGETTO

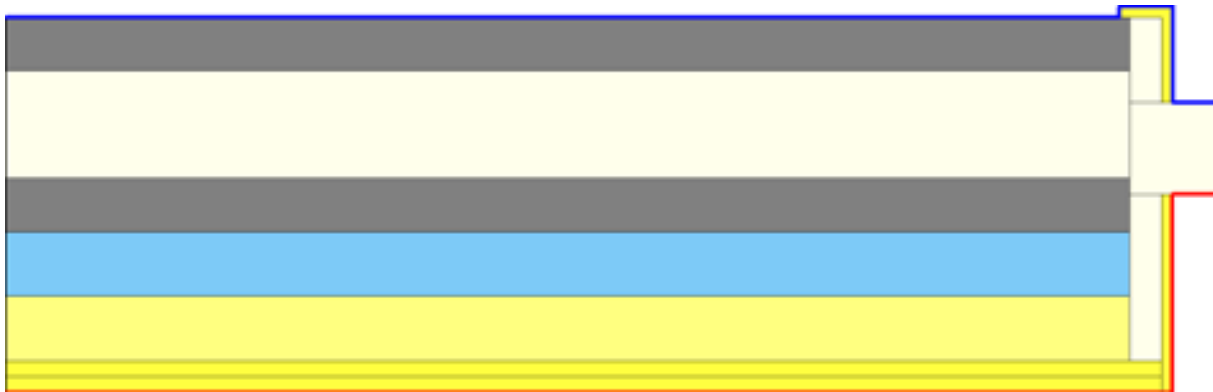
Pianta piano terra (scuola elementare)



Pianta primo piano (scuola materna)



## Z18) W Serramento filo esterno PE35



Modello geometrico del ponte termico

### MATERIALI UTILIZZATI

	Materiale	$\lambda$ [W/mK]
1	Cartongesso in lastre	0,210
2	lana di roccia	0,037
3	Aria intercapedine flusso orizzontale 60 mm	0,325
4	Calcestruzzo generico per pareti interne o esterne protette (1400 kg/m <sup>3</sup> )	0,580
5	pannello isolante polistirolo 30kg/mc	0,045
6	Policloruro di vinile (PVC) (UNI 10351)	0,160
7	Polistirene espanso estruso, con pelle (35 kg/m <sup>3</sup> )	0,033

#### Legenda

$\lambda$  Conduttività termica del materiale

### CONDIZIONI AL CONTORNO

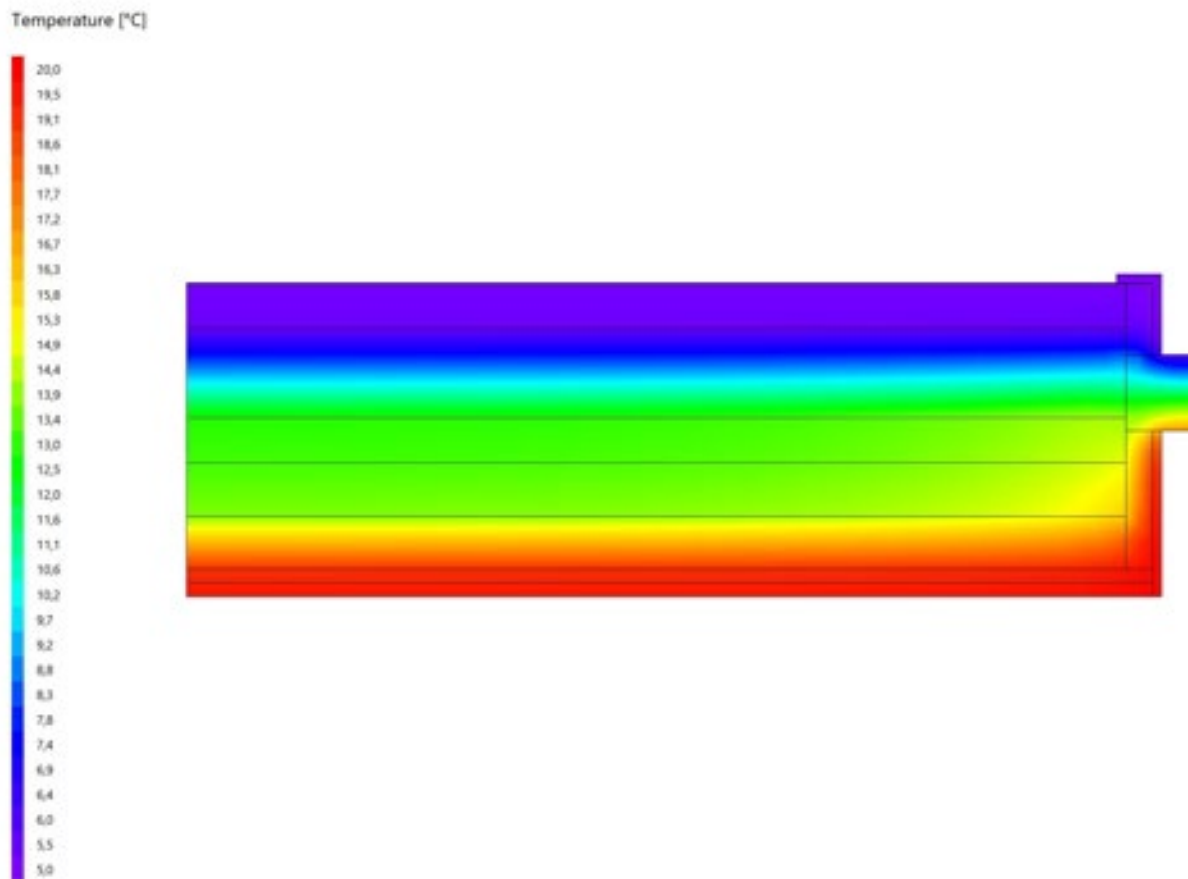
	Confine	$\theta$ [°C]	$R_s$ [m <sup>2</sup> K/W]
1	Ambiente esterno	5,02	0,040
2	Ambiente interno riscaldato	20,00	0,130

#### Legenda

$\theta$  Temperatura dell'ambiente

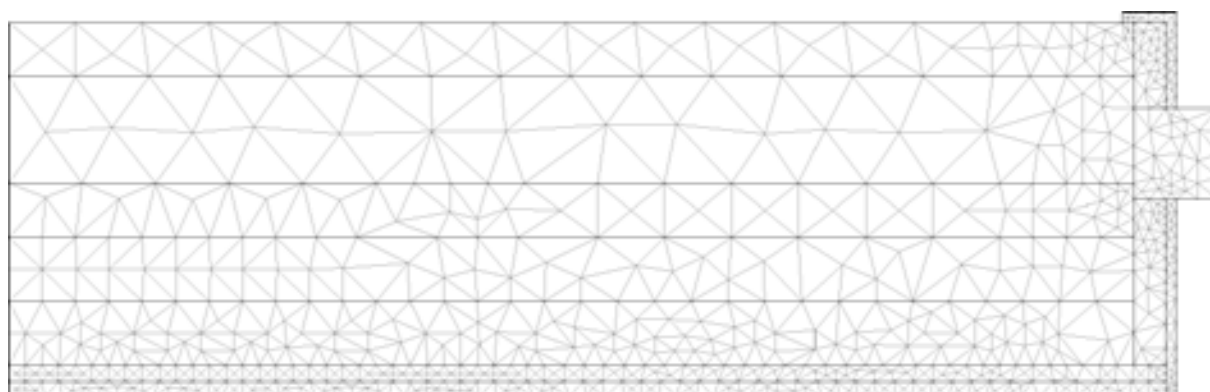
$R_s$  Resistenza superficiale del materiale a contatto con l'ambiente

# CALCOLO DELLA TRASMITTANZA LINEICA



*Distribuzione delle temperature all'interno del modello*

Flusso termico $\Phi$	5,068 W/m
Coefficiente di accoppiamento $L_{2D}$	0,338 W/mK
Trasmittanza lineica interna $\psi_i$	-0,008 W/mK
Trasmittanza lineica esterna $\psi_e$	-0,008 W/mK



*Mesh di calcolo*

	U [W/m <sup>2</sup> K]	L <sub>int</sub> [m]	L <sub>ext</sub> [m]	b <sub>tr</sub>
1	0,222	1,050	1,050	---
2	1,426	0,080	0,080	---

*Legenda*

U Trasmittanza termica del componente  
L<sub>int</sub> Lunghezza considerata per il calcolo della trasmittanza lineica interna  
L<sub>ext</sub> Lunghezza considerata per il calcolo della trasmittanza lineica esterna  
b<sub>tr</sub> Coefficiente di scambio termico per locali non riscaldati

**VERIFICA FORMAZIONE MUFFA**

Tipo di calcolo            Classi di concentrazione

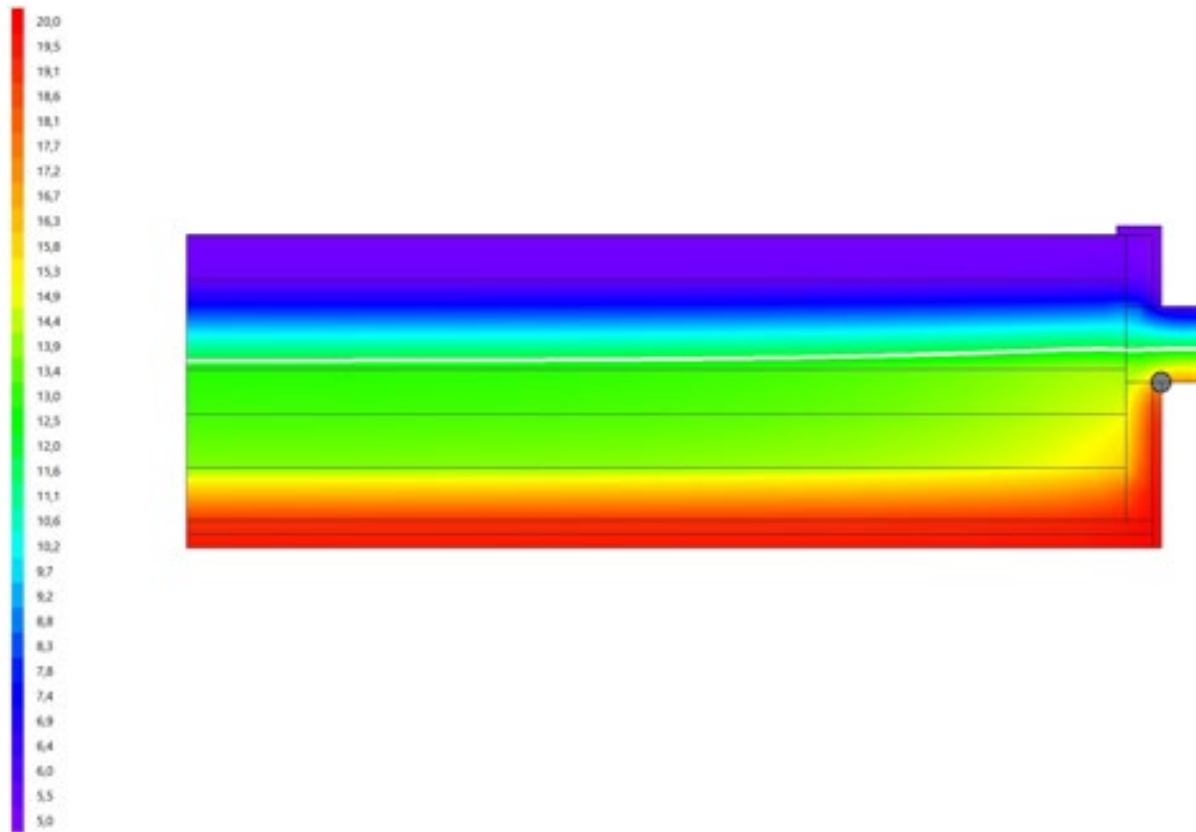
Classe di vapore        Alloggi senza ventilazione meccanica controllata, edifici con indice di affollamento non noto

Mese	θ <sub>e</sub> [°C]	φ <sub>e</sub> [%]	p <sub>e</sub> [Pa]	Δp [Pa]	p <sub>i</sub> [Pa]	p <sub>sat</sub> (θ <sub>si</sub> ) [Pa]	θ <sub>si,min</sub> [°C]	θ <sub>i</sub> [°C]	f <sub>Rsi,min</sub>
Novembre	11,52	57,50	781	401	1.182	1.477	12,80	20,00	0,1508
Dicembre	5,02	57,05	498	632	1.130	1.412	12,11	20,00	0,4735
Gennaio	9,12	70,72	818	486	1.304	1.630	14,31	20,00	0,4773
Febbraio	10,42	65,45	826	440	1.266	1.583	13,86	20,00	0,3586
Marzo	11,62	69,95	956	397	1.354	1.692	14,89	20,00	0,3900
Aprile	14,32	72,69	1.186	302	1.487	1.859	16,36	20,00	0,3586

*Legenda*

θ<sub>e</sub> Temperatura esterna  
φ<sub>e</sub> Umidità relativa esterna  
p<sub>e</sub> Pressione parziale di vapore acqueo esterna  
Δp Differenza di pressione parziale di vapore acqueo fra interno e esterno  
p<sub>i</sub> Pressione parziale di vapore acqueo interna  
p<sub>sat</sub>(θ<sub>si</sub>) Pressione di saturazione minima accettabile  
θ<sub>si,min</sub> Temperatura superficiale minima accettabile  
θ<sub>i</sub> Temperatura interna  
f<sub>Rsi,min</sub> Fattore di temperatura minimo

Temperature [°C]



*Distribuzione delle temperature e isoterma della temperatura limite*

Mese critico	Gennaio
Valore $R_{si}$ utilizzato in base alla direzione del flusso termico	
Fattore di temperatura massimo $f_{R_{si,max}}$	0,4773
Fattore di temperatura $f_{R_{si}}$	0,7937
Temperatura superficiale limite $\theta_{R_{si,max}}$	12,17 °C
Temperatura superficiale minima $\theta_{min}$	16,91 °C
Rischio formazione muffe	<b>ASSENTE</b>



### Fabbisogni di energia utile per riscaldamento e raffrescamento

In particolare, il valore del coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione  $H'T$  indicativo della qualità complessiva dell'involucro si riduce da 1,02 a 0,38  $W/m^2K$ , mentre il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento invernale  $Q_{H,nd}$  passa da 176,3 a 95,3 kWh, con una riduzione pari a circa il 46%.



Fig. 7.7 Confronto grafici fabbisogno e. utile riscaldamento.

Analogamente, l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile  $A_{sol,est}/A_{sup}$  utile, che quantifica la capacità dell'involucro edilizio di lasciar penetrare la radiazione solare durante l'estate, passa da 0,0566 a 0,033; il fabbisogno di energia utile per il raffrescamento estivo varia da 24,8 a 17,6 kWh, con un miglioramento pari circa al 29%.

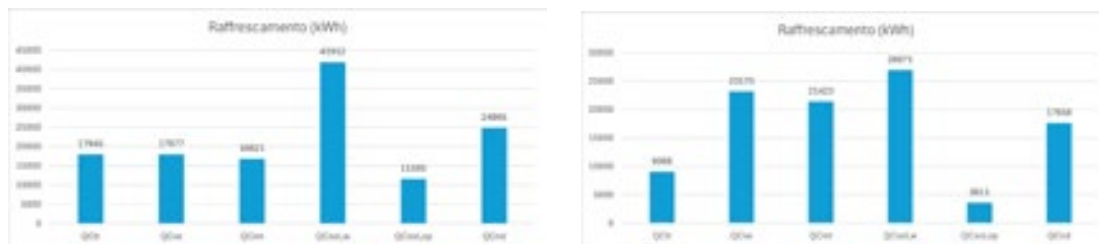


Fig. 7.8 Confronto grafici fabbisogno e. utile raffrescamento.

L'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nren}$  risulta ridotto da 149,1 a 93,0  $kWh/m^2$ -anno, con un conseguente avanzamento della classe energetica dell'edificio da C ad A2.

Le emissioni di  $CO_2$  sono scese da 31,14 ante intervento a 21,13  $kg/m^2$  dopo il miglioramento dell'involucro.

Questa fase di analisi ha permesso di evidenziare come gli interventi sull'involucro costituiscano una base fondamentale per l'efficacia complessiva della riqualificazione energetica: il miglioramento delle prestazioni passive dell'edificio consente infatti di ridurre il carico energetico richiesto agli impianti, fornendo i presupposti ottimali per l'introduzione di soluzioni tecnologiche più efficienti e sostenibili, che verranno analizzate nel seguente paragrafo.

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA	Stato di fatto		Scenario 1	R. Minimi
Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile (EP <sub>gl,nren</sub> )	kWh/m <sup>2</sup> anno	149,10	93,3	/
Indice di prestazione energetica globale rinnovabile (EP <sub>gl,ren</sub> )	kWh/m <sup>2</sup> anno	22,12	21,86	/
Indice di prestazione energetica globale totale (EP <sub>gl,tot</sub> )	kWh/m <sup>2</sup> anno	171,22	114,8	122,93
<b>RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI</b>				
Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale (η <sub>H</sub> )		0,76	0,78	≥ 0,73
Efficienza media stagionale dell'impianto di prod. acqua calda sanitaria (η <sub>W</sub> )		0,80	0,80	≥ 0,5
<b>PRESTAZIONE INVERNALE</b>				
Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento (EP <sub>H,nd</sub> )	kWh/m <sup>2</sup>	89,9	48,7	≤ 49,5
Coefficiente medio globale di scambio termico (H' <sub>T</sub> )	W/m <sup>2</sup> K	1,01	0,37	≤ 0,8
<b>PRESTAZIONE ESTIVA</b>				
Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento (EP <sub>C,nd</sub> )	kWh/m <sup>2</sup>	12,70	9,0	≤ 9,32
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile (Asol <sub>est</sub> /Asup <sub>utile</sub> )		0,057	0,033	≤ 0,04

Fig. 7.9 Confronto prestazioni edificio stato di fatto-Scenario 1.

## Risultati

Risultati di calcolo													
Dati energetici edificio													
Certificazione	EP <sub>H,ren</sub>	EP <sub>W,ren</sub>	EP <sub>C,ren</sub>	EP <sub>V,ren</sub>	EP <sub>L,ren</sub>	EP <sub>T,ren</sub>	EP <sub>gl,ren</sub>	UM EP	eta <sub>H</sub>	eta <sub>W</sub>	eta <sub>C</sub>	CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	Classe
Subalterno	61,0	9,8	0,0	0,0	22,2	0,0	93,0 kWh/m <sup>2</sup>		0,7845	0,8060	—	21,13	A2
Fabbrico riscaldamento con ventilazione effettiva della certificazione [kWh]													
Mese	Q <sub>Ht</sub>	Q <sub>Hve</sub>	Q <sub>Hnc</sub>	Q <sub>Hsw</sub>	Q <sub>Hop</sub>	Q <sub>H</sub>	Q <sub>Hcol</sub>	Q <sub>Hcolp</sub>	Q <sub>Hnd</sub>	Q <sub>Hpr,ut</sub>	Q <sub>peren,H</sub>	Q <sub>per,H</sub>	Q <sub>prnt,H</sub>
Gennaio	10.467,1	21.631,4	6.905,0	0,0	0,0	0,0	3.767,9	317,8	21.483,3	25.953,5	26.949,2	364,2	27.313,4
Febbraio	8.159,1	17.063,3	6.236,8	0,0	0,0	0,0	4.632,7	428,5	14.522,4	17.502,3	17.756,4	327,4	18.083,8
Marzo	7.565,0	16.405,0	6.905,0	0,0	0,0	0,0	6.297,5	671,1	11.227,5	13.472,9	13.516,6	359,0	13.875,5
Aprile	2.508,6	5.823,4	3.341,3	0,0	0,0	0,0	3.271,6	391,6	2.452,3	2.882,7	2.953,2	170,1	3.123,3
Novembre	7.504,8	15.457,5	6.291,2	0,0	0,0	0,0	4.833,1	384,3	12.079,6	14.515,0	14.662,6	319,4	14.982,0
Dicembre	14.726,8	30.202,6	6.905,0	0,0	0,0	0,0	4.505,7	360,3	31.536,9	40.652,1	43.655,6	446,8	44.102,3
	59.931,2	106.603,1	36.584,1	0,0	0,0	0,0	27.312,6	2.553,5	95.301,9	114.978,5	119.493,6	1.986,9	121.480,4
Riscaldamento ACS Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporto Energia elettrica prodotta													

Fig. 7.10 Risultati di calcolo.

Verifiche di legge

Risultati verifica

Dati energetici edificio e relativi limiti

Certificazione	EPHed	EPHed lim	EPCnd	EPCnd lim	EPg_tot	EPg lim	UR EP	etaI	etaImin	etaW	etaWmin	etaC	Verificato
Subordinato	48,7	49,5	9,0	9,3	114,8	129,9 kWh/m²		0,7645	0,7329	0,8060	0,5023	---	<input checked="" type="checkbox"/>

Stato della verifica per la certificazione

Non si verificano condensaioni superficiali o internali nelle strutture opache  
 Il coefficiente medio globale di scambio termico HT (0,37 W/m²K) è inferiore al valore limite (0,80 W/m²K)  
 L'irradiazione solare equivalente estiva per unità di superficie utile (0,033) è inferiore al valore limite (0,040)  
 L'EPHed (48,671 kWh/m²) è inferiore al limite (49,521 kWh/m²) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'EPCnd (9,018 kWh/m²) è inferiore al limite (9,324 kWh/m²) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'EPgTot (114,815 kWh/m²) è inferiore al limite (129,939 kWh/m²) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di riscaldamento (0,7945) è superiore al limite (0,7329) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di acqua calda sanitaria (0,8060) è superiore al limite (0,5023) calcolato per l'edificio di riferimento  
 La massa superficiale delle strutture verticali opache è superiore a 230 kg/m² oppure la trasmittanza termica periodica è inferiore a 0,10 W/m²K  
 La trasmittanza termica periodica delle strutture orizzontali o inclinate è inferiore a 0,18 W/m²K  
 L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno il 65,0% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 32,8%)  
 L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno il 65,0% del fabbisogno annuo di energia richiesta dall'utenza per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 7,6%)  
 La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (19,2 kWp) è inferiore al valore limite (28,1 kWp)  
 Copertura fonti rinnovabili NON VERIFICATA, segue verifica alternativa fonti rinnovabili  
 L'indice di prestazione energetica dell'edificio (70,823 kWh/m²) è superiore al valore limite (52,812 kWh/m²)  
 Criterio alternativo fonti rinnovabili NON VERIFICATO  
 Alcune zone termiche non soddisfano il livello minimo di automazione per il controllo delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici (BACS)

Generale NZEB Trasmittanze Verifica termometrica Verifica estiva

Fig. 7.11 Verifiche ex-Legge 10.

Massa superficiale [kg/m²] e trasmittanze periodiche [W/m²K] delle strutture della certificazione

Struttura	Massa superficiale	Limite	Trasmittanza periodica	Limite	Verificato
Piastro su parete 35 cm CAPPOTTO	1.591,8	230,0	0,000	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
PE30 CAPPOTTO	183,0	230,0	0,003	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
PE35 Fianco prefabbricata 35 cm	174,3	230,0	0,033	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
Piastro su parete 35 cm	1.580,0	230,0	0,005	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
PE35 CAPPOTTO	183,1	230,0	0,003	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
PE20 CAPPOTTO	151,8	230,0	0,025	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
Copertura predalles (primo piano)	662,3	---	0,002	0,180	<input checked="" type="checkbox"/>
Piastro su parete 20 cm CAPPOTTO	1.591,8	230,0	0,000	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
Copertura legno pannello [1]	172,1	---	0,048	0,180	<input checked="" type="checkbox"/>
PE20 CAPPOTTO	151,8	230,0	0,025	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
Tetto - zona non scaldata vano scale (piano terra) [1]	157,8	---	0,168	0,180	<input checked="" type="checkbox"/>
PE15 CAPPOTTO	100,3	230,0	0,036	0,100	<input checked="" type="checkbox"/>
Copertura predalles (primo piano)	662,3	---	0,002	0,180	<input checked="" type="checkbox"/>

Generale NZEB Trasmittanze Verifica termometrica Verifica estiva

Fig. 7.12 Verifiche massa superficiale e trasmittanza periodica.

## Attestato di prestazione energetica

REGIONE LIGURIA		ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: 072025 VALIDO FINO AL: 14/12/2035		APE																													
<b>DATI GENERALI</b>																																	
<b>Destinazione d'uso</b> <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale  Classificazione D.P.R. 412/93: E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili		<b> Oggetto dell'attestato</b> <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari  Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1		<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input checked="" type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____																													
<b>Dati identificativi</b>																																	
Regione : Liguria Comune : Stella (SV) Indirizzo : Località Rovieto Inferiore 25 Piano : Interno : Coordinate GIS : 0,00000 ; 0,00000			Zona climatica : D Anno di costruzione: Superficie utile riscaldata: 1958,07 m <sup>2</sup> Superficie utile raffrescata: 0,00 m <sup>2</sup> Volume lordo riscaldata: 9853,12 m <sup>3</sup> Volume lordo raffrescato: 0,00 m <sup>3</sup>																														
Comune catastale		Stella (SV)		Sezione																													
Subalterni		da	1	da	a																												
Altri subalterni																																	
Foglio		25		Particella																													
				725																													
<b>Servizi energetici presenti</b>																																	
<input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale <input type="checkbox"/> Climatizzazione estiva		<input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria		<input checked="" type="checkbox"/> Illuminazione <input type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose																													
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO</b>																																	
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.																																	
<b>Prestazione energetica del fabbricato</b>		<b>Prestazione energetica globale</b>		<b>Riferimenti</b>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	INVERNO	ESTATE					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Indice</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A4</td><td></td></tr> <tr><td>A3</td><td></td></tr> <tr><td>A2</td><td></td></tr> <tr><td>A1</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> <tr><td>F</td><td></td></tr> <tr><td>G</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Classe	Indice	A4		A3		A2		A1		B		C		D		E		F		G		EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO <b>CLASSE ENERGETICA A2</b> EP <sub>gl,nren</sub> 93,30 kWh/m <sup>2</sup> anno		Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:  Se nuovi: <b>A1 (103,27)</b>  Se esistenti:
INVERNO	ESTATE																																
Classe	Indice																																
A4																																	
A3																																	
A2																																	
A1																																	
B																																	
C																																	
D																																	
E																																	
F																																	
G																																	

Fig. 7.13 Attestato di Prestazione Energetica Scenario 1 (pag. 1).

## 7.2 Interventi sugli impianti

### 7.2.1 Impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC)

La ventilazione degli ambienti scolastici rappresenta un elemento fondamentale sia per la tutela della salute degli occupanti sia per il raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica negli interventi di nuova costruzione e di riqualificazione. Le elevate densità di affollamento tipiche delle aule, unite a tempi di permanenza prolungati e alla presenza di utenti particolarmente sensibili, rendono necessario un controllo continuo e affidabile della qualità dell'aria interna, che non può essere declinato esclusivamente al comportamento degli utenti.

Il riferimento normativo principale per la progettazione della ventilazione negli edifici non residenziali è la UNI EN 16798-1: "Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica", una normativa di supporto alla EPBD (Energy Performance Building Directive) che tra i vari contenuti definisce i criteri per il comfort termo-igrometrico e per la qualità dell'aria interna attraverso un approccio prestazionale.

La norma introduce una chiara distinzione tra aerazione e ventilazione: la prima è intesa come il ricambio d'aria ottenuto tramite l'apertura manuale dei serramenti ed è fortemente dipendente dalle condizioni climatiche esterne e dalle azioni volontarie degli occupanti; la seconda, invece, è un processo controllato, continuo e misurabile, generalmente garantito mediante sistemi di ventilazione meccanica.

In ambito scolastico, la sola aerazione naturale non è ritenuta sufficiente a garantire livelli di qualità dell'aria interna costanti e verificabili, soprattutto durante l'orario delle lezioni per via dell'affollamento dei locali.

La norma ricorda, in ambito di edilizia residenziale e non residenziale, che durante i periodi di occupazione degli ambienti la portata di ventilazione non dovrebbe mai essere inferiore a 4 L/s per persona e che dovrebbero essere sempre garantiti i valori delle Linee Guida dell'OMS riportati nella specifica tabella (la A.7 per l'appendice nazionale e B.7 per l'appendice europea).

Inoltre, viene sottolineato che le portate di progetto presenti nelle tabelle delle appendici si riferiscono al caso di completa miscelazione dell'aria negli ambienti, ma che devono essere corrette tenendo conto dell'efficienza di ventilazione, in accordo con la EN 16798-3.

La UNI EN 16798-1 classifica la qualità dell'ambiente interno in quattro classi, dalla Classe I (qualità molto elevata) alla Classe IV (qualità inferiore ai requisiti minimi). Per gli edifici scolastici, il livello di riferimento è rappresentato dalla Classe II, in quanto assicura una buona qualità dell'aria interna compatibile con un uso razionale dell'energia. La norma introduce inoltre una classificazione degli edifici in funzione delle emissioni interne di inquinanti,

distinguendo tra “non low polluting buildings” (NLPB), “low polluting buildings” (LPB) e “very low polluting buildings” (VLPB). La scelta di materiali a basse emissioni di composti organici volatili consente di ridurre il carico inquinante interno e, conseguentemente, le portate di ventilazione necessarie per il raggiungimento della classe di qualità dell’aria prefissata, aspetto particolarmente rilevante negli interventi di riqualificazione energetica delle scuole.

Il calcolo delle portate di ventilazione di progetto secondo la UNI EN 16798-1 si basa su un approccio che tiene conto sia degli inquinanti prodotti dagli occupanti sia di quelli emessi dall’edificio. Per un singolo locale, come un’aula scolastica, la portata totale di ventilazione richiesta è data dalla somma di due contributi: uno legato alla presenza delle persone e uno legato alle emissioni dell’ambiente costruito.

Il contributo dovuto agli occupanti è calcolato moltiplicando il numero di persone presenti nel locale per la portata d’aria richiesta per persona, valore che dipende dalla classe di qualità dell’aria interna scelta.

Per la Classe II la norma fornisce valori di riferimento che garantiscono un’adeguata diluizione degli inquinanti metabolici, tra i quali CO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, Ozono, VOC<sub>tot</sub>, Radon. Il contributo legato all’edificio è invece funzione della superficie del locale e della tipologia di edificio (NLPB, LPB o VLPB). In questo caso la norma assegna una portata specifica per unità di superficie, che rappresenta l’aria necessaria a diluire gli inquinanti emessi dai materiali da costruzione e dagli arredi.

Applicando questo metodo a un’aula scolastica, il progettista deve:

- definire la classe di qualità dell’aria interna (generalmente Classe II);
- individuare la tipologia di edificio in funzione delle emissioni dei materiali;
- stimare il numero massimo di occupanti;
- calcolare separatamente il contributo di ventilazione per le persone e quello per l’edificio;
- sommare i due contributi per ottenere la portata minima di ventilazione di progetto.

Il Decreto CAM 2025 recepisce integralmente l’impostazione della UNI EN 16798-1, rafforzandone l’applicazione negli edifici pubblici, tra cui le scuole. Il decreto ribadisce che, pur mantenendo l’obbligo della presenza di serramenti apribili per l’aerazione diretta, la qualità dell’aria interna deve essere garantita attraverso la progettazione e l’installazione di sistemi di ventilazione meccanica controllata, affiancati da sistemi di monitoraggio dei contaminanti e dell’efficienza del sistema di ventilazione. Il decreto distingue diversi casi di intervento, dalle nuove costruzioni alle riqualificazioni energetiche, stabilendo per ciascuno il riferimento a specifiche classi di qualità dell’aria e tipologie di edificio definite dalla norma tecnica.

In generale, per gli edifici scolastici oggetto di nuova costruzione o di ristrutturazioni importanti, è richiesto il raggiungimento della Classe II, con edifici classificati come “low polluting” o “very low polluting”; solo nei casi in cui sussistano comprovate impossibilità tecniche è ammesso il riferimento alla Classe III.

Particolare attenzione è posta anche al contenimento dei consumi energetici associati alla ventilazione. Il Decreto CAM 2025 richiede che i sistemi di ventilazione meccanica siano progettati in modo da garantire un valore di Specific Fan Power (SFP) inferiore a 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s), promuovendo soluzioni impiantistiche efficienti, la riduzione delle perdite di carico e l'impiego di ventilatori ad alte prestazioni, in linea con i requisiti europei di eco-design.

È inoltre richiesto l'utilizzo di recuperatori di calore con un'efficienza minima dell'80%, dotati di funzione di bypass per il funzionamento nei periodi di raffrescamento o nelle mezze stagioni, aspetto particolarmente rilevante nel contesto scolastico, caratterizzato da una forte stagionalità dell'occupazione.

Viene inoltre chiarito che il calcolo delle portate di ventilazione deve essere effettuato esclusivamente secondo la UNI EN 16798-1, eliminando ogni riferimento alla UNI 10339, ritirata nel 2024.

Tuttavia, per semplicità di calcolo e per la natura puramente accademica dello studio si è fatto riferimento alla UNI 10339 per il calcolo della portata di ventilazione di riferimento  $q_{ve,0}$ , alla Formula 33 (UNI/TS 11300-1:2014):

$$q_{ve,0} = (n_{per} \cdot q_{op} + A_f \cdot q_{os}) \cdot \frac{0.8}{\varepsilon_{ve}} \cdot C_1 \cdot C_2 \quad [m^3/h]$$

In cui:

- $n_{per}$  = numero di persone previste a progetto o calcolato mediante l'affollamento convenzionale con la relazione  $n_{per} = n_s \cdot A_f$ . I valori dell'indice di affollamento convenzionale  $n_s$  sono riportati per le varie destinazioni d'uso nel prospetto VIII della norma UNI 10339:1995.
- $q_{op}$  = portata specifica di aria esterna per persona [m<sup>3</sup>/s persona];
- $A_f$  = superficie utile (netta calpestabile) servita dalla ventilazione [m<sup>2</sup>];
- $q_{os}$  = portata specifica di aria esterna per unità di superficie utile servita dalla ventilazione [m<sup>3</sup>/s m<sup>2</sup>].  $q_{op}$  e  $q_{os}$  da adottare per le diverse destinazioni d'uso si ricavano dal Prospetto III della norma UNI 10339:1995;
- $\varepsilon_{ve}$  = efficienza di ventilazione, assunta convenzionalmente pari a 0.8;
- $C_1$  = coefficiente correttivo per impianti misti, assunto convenzionalmente pari a 1;
- $C_2$  = coefficiente correttivo in funzione dell'altitudine, ricavato dal Prospetto IV della UNI 10339:1995. Per altitudine < 500 m si assume pari a 1.

Nei servizi igienici (locali con estrazione) la portata di ventilazione si determina mediante la formula 34 (UNI/TS 11300-1:2014):

$$q_{ve,0} = n \cdot V_u \quad [m^3/h]$$

In cui:

- $V_u$  = volume netto del servizio igienico, antibagno escluso [m<sup>3</sup>]
- $n$  = i ricambi d'aria da adottare, forniti dalla UNI 10339:1995:

- n = 4 vol/h per gli edifici adibiti a residenza e assimilabili
- n = 8 vol/h per tutte le altre destinazioni d'uso

Alla luce di ciò, l'installazione di sistemi di ventilazione meccanica non si riduce a una mera questione di comfort, ma è bensì un requisito fondamentale per minimizzare le dispersioni di calore, ottimizzando i consumi energetici, e garantire ambienti didattici salubri con bassi livelli di anidride carbonica e di fenomeni di condensa o muffa, soprattutto nei casi in cui l'apertura manuale delle finestre non sia sufficiente o non possa garantire un ricambio d'aria continuo. Si ricorda infatti che i nuovi serramenti previsti hanno un'apertura limitata di 15 cm a vasistas per garantire il rispetto dei requisiti di sicurezza (vedere 7.1.3).

Piano seminterrato	ns	nper	qop	Af	qos		qve0
Multimediale	0,45	16,62	0,006	36,94	/	3600	359,01
Conferenze	0,3	11,07	0,007	36,90	/	3600	278,99
Sala docenti	0,3	6,77	0,006	22,57	/	3600	146,23
Aula 1	0,45	18,18	0,006	40,40	/	3600	392,69
Aula 2 e 3	0,45	36,52	0,006	81,16	/	3600	788,90
Aula 4	0,45	19,14	0,006	42,53	/	3600	413,34
Aula 5 e 6	0,45	33,12	0,006	73,60	/	3600	715,39
Archivio	0,45	11,25	0,006	24,99	/	3600	242,94
			vol/h	Vu			
Bagno			8	23,45			187,6
Bagno1			8	21,12			168,96
Bagno2			8	21,12			168,96
Bagno3			8	23,66			189,28
Spogliatoio			8	46,08			368,6

Piano terra	ns	nper	qop	Af	qos		qve0
Aula multimediale	0,45	21,15	0,005	47	/	3600	380,7
Aula 1	0,45	18,63	0,005	41,4	/	3600	335,34
Sala docenti	0,3	5,49	0,006	18,3	/	3600	118,584
Laboratorio pittura	0,3	8,67	0,007	28,9	/	3600	218,484
Aula 2	0,45	19,26	0,005	42,8	/	3600	346,68
Aula 3	0,45	18,63	0,005	41,4	/	3600	335,34
Aula 4	0,45	18,72	0,005	41,6	/	3600	336,96
Aula 5	0,45	18,72	0,005	41,6	/	3600	336,96
			vol/h	Vu			
Bagno			8	13,8			110,4
Bagno 1			8	34,65			277,2
Bagno 2			8	34,65			277,2
Bagno 3 (docenti)			8	14,7			117,6
Spogliatoio1			8	61,62			492,96
Spogliatoio 2			8	83			664

Primo piano	ns	nper	qop	Af	qos		qve0
Aula 3	0,4	18,92	0,004	47,3	/	3600	272,448
Sala giochi	0,4	32,48	0,004	81,2	/	3600	467,712
Aula 2	0,4	16	0,004	40	/	3600	230,4
Aula 1	0,4	15,96	0,004	39,9	/	3600	229,824
Sala riposo	0,4	14,2	0,004	35,5	/	3600	204,48
Sala docenti	0,3	3,45	0,006	11,5	/	3600	74,52
Aula 4	0,4	13,08	0,004	32,7	/	3600	188,352
Mensa	0,6	66,06	0,01	110,1	/	3600	2378,16
Cucina			0,0165	47	/	3600	2791,8
			vol/h	Vu			
Bagno cucina			8	15,8			126,4
Bagno			8	14,1			112,8
Bagno 1			8	19,5			156
Bagno 2			8	26,7			213,6

Fig. 7.14 Tabelle portata ventilazione di riferimento q<sub>ve0</sub>.

### **Centrale termica**

L'intervento progettato nel caso studio prevede l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC) di tipo centralizzato per le tre zone termiche della scuola, escludendo dunque palestra e annessi spogliatoi, mensa e cucina. Un sistema di VMC è generalmente composto da due flussi d'aria distinti: uno che estrae l'aria viziata dall'interno e uno che immette aria pulita dall'esterno. Questi due flussi passano attraverso uno scambiatore di calore, dove l'aria in uscita cede il proprio calore a quella in entrata senza che i due flussi si mescolino.

La produzione dell'energia termica a servizio dell'impianto avviene mediante tre nuove pompe di calore aria-acqua Daikin ALTHERMA 3 M EBLA16DW17, installate sulla copertura della centrale termica e collettate tra loro. Esse non sostituiscono i generatori preesistenti: viene definita una nuova centrale termica adibita a riscaldamento e raffrescamento, e l'impianto è di tipo centralizzato con tre generatori identici. Si effettua il collegamento alla centrale elettrica del fotovoltaico.

Le pompe di calore alimentano un bollitore di accumulo Cordivari VOLANO BS GCF da 500 L, collocato all'interno della centrale termica, che opera alternativamente in regime di riscaldamento che di raffrescamento, in funzione delle condizioni di esercizio dell'impianto. I dati del bollitore vengono inseriti nella sezione accumulo due volte, la prima con la temperatura media di accumulo in regime di riscaldamento e la seconda con il dato in regime di raffrescamento.

Il collegamento tra le macchine e il boiler è realizzato tramite tubazioni che si sviluppano all'esterno dell'edificio e pertanto opportunamente isolate. Dal boiler ha origine la rete di distribuzione dell'acqua tecnica che alimenta le Unità di Trattamento Aria (UTA) previste nei diversi livelli dell'edificio. Viene utilizzata una pompa di circolazione Wilo Yonos Maxo 40/0,5-12 PN 6/10 ( $P_{ass} = 550 \text{ W}$ ). Le tubazioni coibentate dirette alla UTA 1 passano nell'intercapedine liberamente ventilata.

Si calcolano le perdite di distribuzione delle tubazioni d'acqua in Centrale termica/ Distribuzione primaria: le tubazioni hanno diametro 2"5' (7,6 cm) con isolante sfuso a cella chiusa di 5 cm e corrono per 15 m dalle pompe di calore all'accumulo e 110 m (mandata e ritorno) dall'accumulo alla UTA1.

L'impianto di VMC è dotato di recuperatori di calore integrati nelle UTA con un rendimento pari al 75%, che consentono di recuperare una quota significativa dell'energia contenuta nell'aria esausta.

Tale soluzione permette di preriscaldare l'aria di rinnovo in ingresso, riducendo il fabbisogno energetico per il riscaldamento e alleggerendo il carico sulle caldaie esistenti, migliorando l'efficienza complessiva del sistema edificio-impianto.

3x POMPA DI CALORE tipo DAIKIN ALTHERMA 3 M Modello EBLA16DAW17	
Tipo di sistema	Riscaldamento + raffrescamento
Tipo di pompa esterno/interno	aria/acqua
Tipo di macchina	A compressione di gas con motore elettrico
Combustibile	Energia elettrica
Funzionamento	Modulante
Modalità	Parallelo
Tipo di sorgente fredda	Aria esterna
COP	4,53
EER	4,74
Potenza termica nominale	14,00 kW
Potenza termica erogata	15,96 kW

Fig. 7.15 Dati pompe di calore.

**Pompa di calore**

Dati generali  Dati tecnici  Prestazioni  Fattori correttivi  Distribuzione

Tipo di pompa esterno/interno:

Tipo di macchina:   Costruttore sistema brido

Combustibile utilizzato:

Funzionamento:

Modalità:

Carico minimo di modulazione:

TOL:

Temperatura bivalente:

**Parametri riscaldamento**

$\theta_{a,est}$ :

$\theta_{a,est,min}$ :

$\theta_{a,est,max}$ :

Tipo di sorgente fredda:

Potenza elettrica assorbita:  W  La potenza effettiva degli ausili è proporzionale al carico

Fig. 7.16 Dati tecnici pompe di calore.



Fig. 7.17 Pompe di calore.

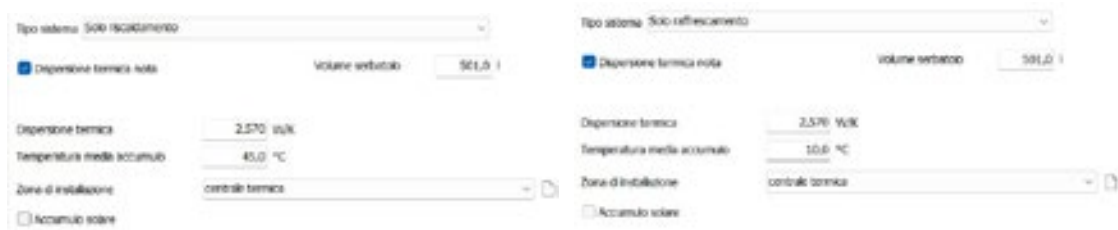


Fig. 7.18 Dati accumulato.

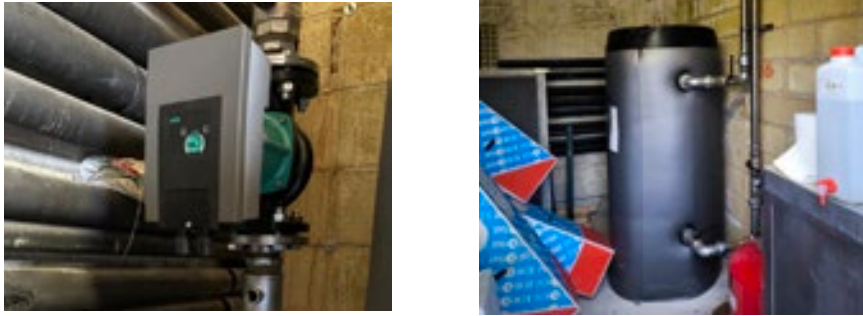


Fig. 7.19 Pompa di circolazione Wilo e accumulato Cordivari.

### Piano seminterrato

Nel piano seminterrato, all'interno dell'intercapedine liberamente ventilata, è installata la UTA 1 ASPIRNOVA modello RCE-4500-EC-D2/V dotata di batteria di post riscaldamento e raffrescamento tipo ASPIRNOVA modello BAT-AF4 3800-4500 e caratterizzata da una portata d'aria di progetto pari a 4.452 m<sup>3</sup>/h.

Dalla UTA, le canalizzazioni dell'aria si sviluppano verso un plenum di distribuzione collocato nel locale ripostiglio, dal quale si diramano i canali di mandata e ripresa a servizio dei locali del piano.

Le perdite di distribuzione delle tubazioni dell'aria vanno inserite in Centrale termica/ Distribuzione primaria: le tubazioni hanno diametro 35 cm con isolante sfuso a cella chiusa di 6 cm e corrono per circa 28 m in immissione e altrettanti in estrazione.

Si ricorda che all'interno dei servizi igienici e degli spogliatoi è presente solo estrazione dell'aria viziata.

Dalla stessa intercapedine, parte della rete aeraulica si sviluppa verticalmente per servire i piani superiori.



Fig. 7.20 UTA1 e Plenum.

### Piano terra

Il piano terra è servito dalla UTA 2 ASPIRNOVA modello RCE-3800-EC-D11/V dotata di batteria di post-riscaldamento e raffreddamento tipo ASPIRNOVA modello BAT-AF4 3800-4500, installata all'interno di un locale ripostiglio e caratterizzata da una portata d'aria di progetto pari a 3.296 m<sup>3</sup>/h.

Poiché l'unità non è collocata in prossimità dell'ambiente esterno, l'aria di rinnovo viene prelevata tramite un canale dedicato per l'aspirazione dell'aria esterna, posizionato in prossimità dell'ingresso dell'edificio.

A causa delle limitazioni dimensionali dei controsoffitti, la distribuzione dell'aria è stata progettata mediante un canale principale di sezione maggiore che percorre longitudinalmente il corridoio; da questo si diramano le canalizzazioni secondarie, dimensionate in funzione delle portate specifiche di ciascun locale.

I terminali di diffusione adottati per il piano seminterrato e per il piano terra sono diffusori elicoidali a soffitto, scelti per garantire un'elevata induzione e una distribuzione uniforme dell'aria, particolarmente coerente con ambienti scolastici.

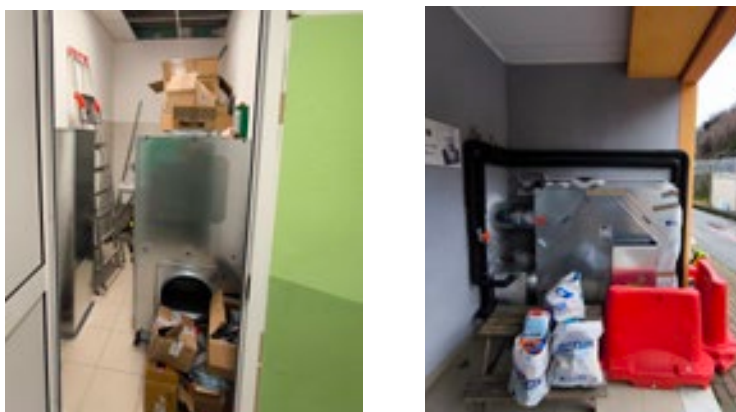


Fig. 7.21 UTA2 e UTA3.

### Primo piano

Il primo piano è servito dalla UTA 3 ASPIRNOVA modello RCE-2000-EC-D2/V completa di batteria di post riscaldamento e raffreddamento tipo ASPIRNOVA modello BAT-AF4 1200-2300, installata in prossimità dell'ingresso principale del livello e caratterizzata da una portata d'aria pari a 1.851 m<sup>3</sup>/h. La somma delle tre portate delle unità di trattamento dell'aria è inserita in Centrale termica/Ventilazione/Portata nominale.

La logica di funzionamento e la distribuzione aeraulica risultano analoghe a quelle del piano terra, con canali di mandata e ripresa dedicati alle aule. Non sono oggetto di intervento le zone termiche della cucina e della palestra.

In questo livello, la diffusione dell'aria avviene mediante bocchette, coerentemente con gli spazi disponibili.

In tutti i locali serviti dall'impianto di VMC sono installati sensori Fybra Smart Home, che svolgono una duplice funzione di regolazione e monitoraggio dei livelli di CO<sub>2</sub>, VOC, temperatura e umidità.

Le portate d'aria vengono infatti modulate in funzione della concentrazione di anidride carbonica rilevata, consentendo di adeguare il ricambio d'aria all'effettivo livello di occupazione degli ambienti scolastici. Tale soluzione permette di garantire elevati standard di qualità dell'aria interna, evitando allo stesso tempo sprechi energetici.

Nella sezione Edifici/Subalterno 1 è poi necessario compilare nelle Zone termiche interessate (escluse palestra e spogliatoi, mensa e cucina) i menù dedicati alla ventilazione e ai terminali di riscaldamento e raffrescamento. La ventilazione passa da naturale a meccanica e va inserita la portata d'aria d'esercizio della UTA, rispettivamente dal piano seminterrato 4.452, 3.395, 1906 m<sup>3</sup>/h.

Nella sezione Zona termica/Involucro per ogni piano si *deflagga* "Impianto di raffrescamento assente".

Successivamente per ognuna delle tre zone è necessario aggiungere nei menù riscaldamento e raffrescamento i terminali di emissione della ventilazione: per il primo servizio si impostano le bocchette in sistemi ad aria calda, mentre per il secondo gli anemostati.

Questa fase del progetto di riqualificazione energetica ha garantito:

- l'immissione nei locali di aria nuova di rinnovo aspirata dall'esterno ed opportunamente filtrata;
- l'estrazione ed espulsione dell'aria interna viziata;
- il recupero dell'energia contenuta nell'aria di espulsione attraverso gli scambiatori, che la trasferiscono all'aria immessa negli ambienti;
- il costante monitoraggio del livello di salubrità dell'aria e della concentrazione di sostanze inquinanti per garantire il mantenimento della qualità a livelli costanti.

Fig. 7.22 Dati ventilazione zona termica "piano seminterrato".

Sistema 1   Sistema 2   Sistema 3   Aggiung

Centrale termica: PDC

Distribuzione centrale: Primaria

Sottosistema di emissione

Altezza netta dei locali: fino a 4 m

Tipo di terminal: bocchette in sistemi ad aria calda

Rendimento di emissione: 94,0 %   Potenza ausiliar: \_\_\_\_\_ W

Unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata

Numero unità terminal: 1   Potenza termica unitaria: 25.180 W    Calcolata

Sottosistema di regolazione

Tipo di regolazione: Solo per singolo ambiente

Caratteristiche: P banda proporzionale 0,5 °C

Impianto di riscaldamento: Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti

Rendimento di regolazione: 99,0 %

Sottosistema di distribuzione

Fluido termovettore: Aria

Distribuzione aria

Inserimento tubazioni del sottosistema di distribuzione   Potenza ausiliar: \_\_\_\_\_ W

Fig. 7.24 Dati riscaldamento zona termica “piano seminterrato”.

Sistema 1   Aggiung

Centrale termica: PDC

Sottosistema di emissione

Tipo di terminal: Anemostati

Rendimento di emissione: 97,0 %   Potenza ausiliar: \_\_\_\_\_ W

Unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata

Numero unità terminal: 1   Potenza termica unitaria: 25.180 W

Sottosistema di regolazione

Tipo di regolazione: Controllo singolo ambiente

Caratteristiche: Regolazione modulante (banda 1 °C)

Rendimento di regolazione: 98,0 %

Sottosistema di distribuzione

Fluido termovettore: Aria

Distribuzione aria

Inserimento tubazioni del sottosistema di distribuzione   Potenza ausiliar: \_\_\_\_\_ W

Fig. 7.25 Dati raffrescamento zona termica “piano seminterrato”.

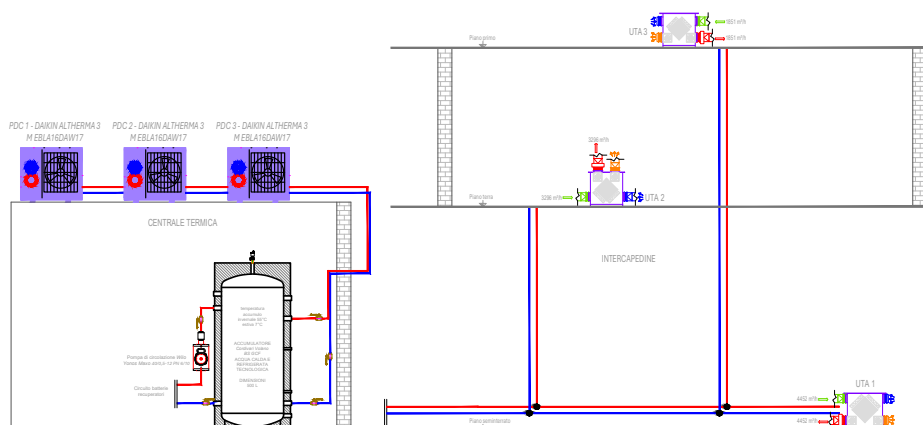
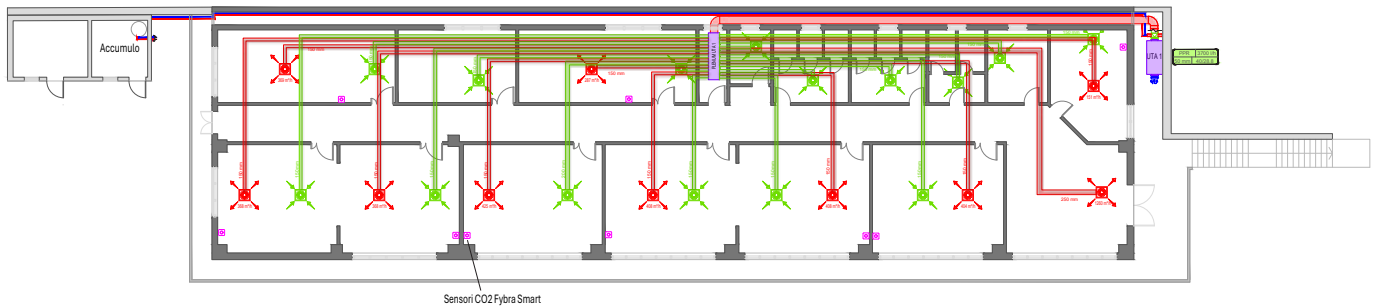


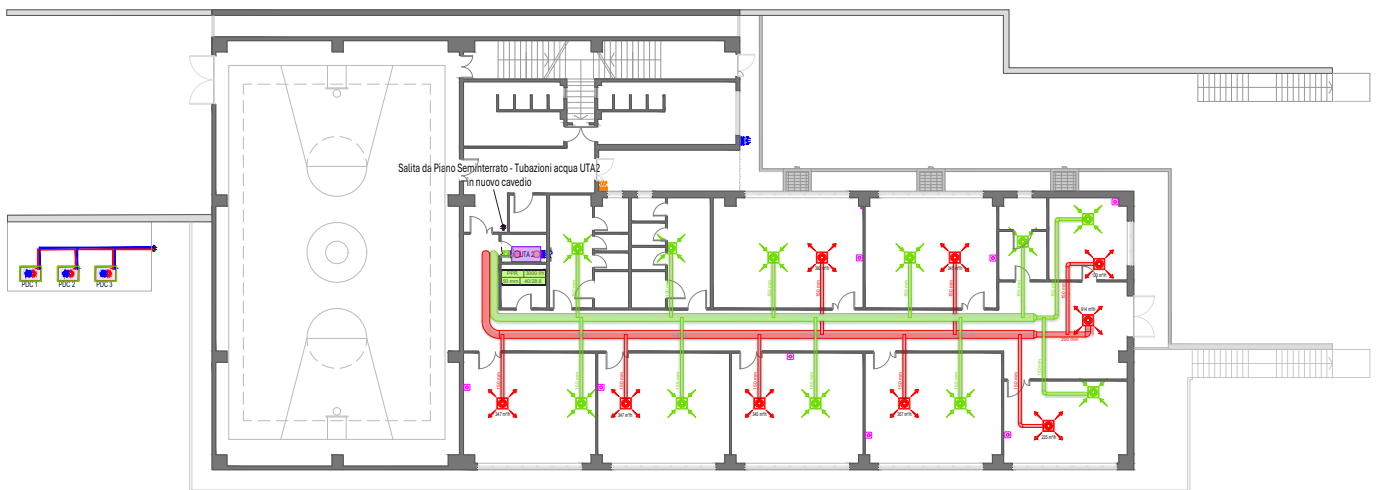
Fig. 7.26 Schema impianto.

**VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA  
PROGETTO**

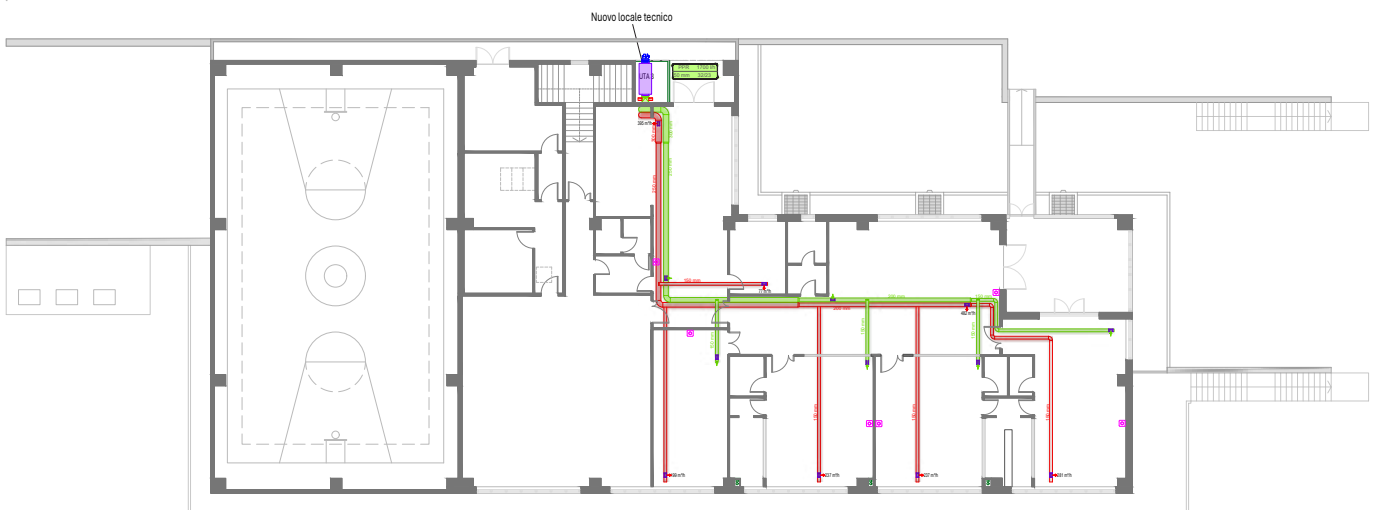
**Pianta piano seminterrato (scuola media)**



**Pianta piano terra (scuola elementare)**



**Pianta primo piano (scuola materna)**



## 7.2.2 Valutazione dei risultati intermedi “Scenario 2”

Al fine di valutare l’impatto dell’introduzione della ventilazione meccanica controllata sulle prestazioni energetiche e ambientali dell’edificio, l’analisi è stata ulteriormente estesa confrontando la configurazione post-intervento sull’involucro con lo scenario complessivo del sistema di VMC.

In questa fase, le caratteristiche dell’involucro edilizio sono state mantenute invariate, così da attribuire le variazioni riscontrate esclusivamente all’inserimento del nuovo sistema impiantistico.

L’introduzione della ventilazione meccanica controllata incide in maniera significativa sul bilancio energetico dell’edificio, in particolare per quanto riguarda i consumi di energia elettrica associati al funzionamento continuo dei ventilatori e dei sistemi di controllo. Si ricorda infatti che, precedentemente all’intervento, i servizi di raffrescamento e ventilazione meccanica erano del tutto assenti: in seguito al presente intervento i relativi indici di prestazione si attestano rispettivamente a 14,9 e 31,8 kWh/m<sup>2</sup>anno.

L’analisi dei principali indicatori di prestazione energetica evidenzia infatti un incremento dei fabbisogni elettrici complessivi rispetto allo scenario post involucro, sebbene il preriscaldamento dell’aria in immissione nei locali abbia provveduto alla diminuzione del fabbisogno energetico di riscaldamento da 61,3 a 31,8 kWh/m<sup>2</sup>anno, consentendo un risparmio sul servizio del 50%.

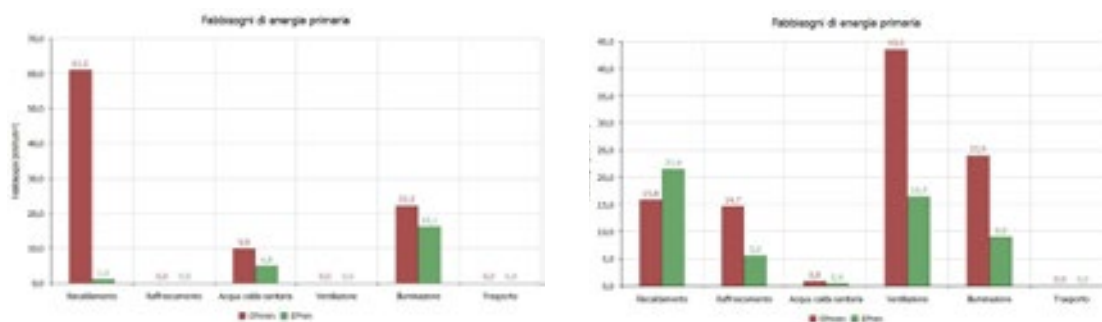


Fig. 7.27 Confronto fabbisogno e. primaria Scenario 1 e 2.

Energia elettrica prodotta dalla certificazione [kWh]					
Mese	Qel,nd	Qel,prod	Qel,used	Qel,dif	Qel,exp
Gennaio	4.524,6	1.017,1	1.017,1	3.507,5	0,0
Febbraio	3.975,0	1.296,6	1.296,6	2.678,4	0,0
Marzo	4.268,9	1.836,8	1.836,8	2.432,2	0,0
Aprile	3.834,1	2.054,0	2.054,0	1.780,1	0,0
Maggio	3.737,5	2.221,3	2.221,3	1.516,2	0,0
Giugno	3.611,1	2.360,8	2.360,8	1.250,4	0,0
Luglio	3.732,8	2.713,7	2.713,7	1.019,1	0,0
Agosto	3.744,8	2.490,0	2.490,0	1.254,8	0,0
Settembre	3.672,3	2.233,5	2.233,5	1.438,8	0,0
Ottobre	3.846,7	1.990,5	1.990,5	1.854,2	0,0
Novembre	4.260,5	1.368,7	1.368,7	2.891,8	0,0
Dicembre	4.663,7	1.194,7	1.194,7	3.469,0	0,0
<b>Totale</b>	<b>47.872,2</b>	<b>22.779,6</b>	<b>22.779,6</b>	<b>25.092,5</b>	<b>0,0</b>

Riscaldamento ACS Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporti energia elettrica prodotta

Energia elettrica prodotta dalla certificazione (kWh)					
Mese	Qel,nd	Qel,prod	Qel,used	Qel,dif	Qel,imp
Gennaio	9.506,5	1.017,1	1.017,1	8.489,4	0,0
Febbraio	7.043,9	1.296,6	1.296,6	5.747,3	0,0
Marzo	7.548,3	1.836,8	1.836,8	5.711,5	0,0
Aprile	7.421,6	2.054,0	2.054,0	5.367,5	0,0
Maggio	7.986,7	2.221,3	2.221,3	5.765,4	0,0
Giugno	11.666,1	2.360,8	2.360,8	9.305,3	0,0
Luglio	12.362,9	2.713,7	2.713,7	9.649,2	0,0
Agosto	12.939,5	2.490,0	2.490,0	10.449,5	0,0
Settembre	8.229,0	2.233,5	2.233,5	5.995,4	0,0
Ottobre	7.817,7	1.992,5	1.992,5	5.825,2	0,0
Novembre	7.496,2	1.368,7	1.368,7	6.127,5	0,0
Dicembre	10.631,9	1.194,7	1.194,7	9.436,3	0,0
	110.649,4	22.779,6	22.779,6	87.869,7	0,0

Riscaldamento (involucro) Riscaldamento ACS Raffrescamento (involucro) Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporto Energia elettrica prodotta

Fig. 7.28 Confronto energia elettrica prodotta Scenario 1 e 2.

Con il significativo aumento dei consumi elettrici, si assiste di conseguenza ad un aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> da 21,2 a 27,5 kg/m<sup>2</sup>e dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile da 93,3 a 122,6 kWh/m<sup>2</sup>anno. Tale incremento determina un arretramento della classe energetica dell'edificio da A2 ad A1, nonostante il notevole miglioramento delle prestazioni passive e della qualità interna dell'edificio.

La produzione di energia da fonte rinnovabile garantita dall'impianto fotovoltaico contribuisce a coprire una parte dei nuovi fabbisogni elettrici introdotti dalla VMC; tuttavia, l'energia prodotta non risulta sufficiente a compensare integralmente l'aumento dei consumi, soprattutto in relazione alla continuità di esercizio del sistema di ventilazione. Ne consegue un peggioramento del bilancio tra energia consumata dalla rete ed energia rinnovabile autoprodotta, che si riflette negativamente sugli indicatori energetici di sintesi.

Parallelamente, l'analisi delle condizioni ambientali interne mette in evidenza un miglioramento rilevante delle prestazioni non direttamente riconducibili ai soli indicatori energetici. L'adozione della ventilazione meccanica controllata consente infatti di garantire ricambi d'aria costanti e controllati, con una riduzione significativa delle concentrazioni di inquinanti indoor e una maggiore stabilità dei parametri termo-igrometrici. Il livello di qualità dell'aria interna risulta pertanto notevolmente superiore rispetto allo scenario post-intervento sull'involucro, con benefici diretti in termini di comfort, salubrità degli ambienti e benessere degli occupanti.

Il confronto tra i due scenari evidenzia quindi come l'inserimento della VMC comporti un compromesso tra prestazioni energetiche e qualità ambientale interna. Se da un lato l'aumento dei consumi elettrici determina un peggioramento degli indicatori energetici e una regressione della classe dell'edificio, dall'altro i benefici in termini di comfort e qualità dell'aria risultano significativamente superiori. Questo risultato sottolinea l'importanza di una progettazione integrata, nella quale l'adozione di sistemi impiantistici avanzati come la ventilazione meccanica venga accompagnata da strategie di ottimizzazione energetica e da un adeguato potenziamento delle fonti rinnovabili, al fine di bilanciare efficienza energetica e qualità dell'ambiente interno.

## Risultati

Risultati di calcolo

Dati energetici edificio

Certificazione	EPi,anno	EPN,anno	EPC,anno	EPi,anno	EPN,anno	EPT,anno	EPi,anno	UMEP	etaH	etaHV	etaC	CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	Classe
Subottimo	31,6	10,2	14,9	31,8	34,1	0,0	122,6	kWh/m <sup>2</sup>	1,2537	0,7895	0,2877	27,48	<b>A-</b>

Mostra grafici

Richiesta riscaldamento con ventilazione di riferimento della certificazione [kWh]

Mese	Qtr	Qtrve	Qtrnt	QdLr	QdLop	Qd	Qtrcolr	Qtrcolop	Qtrnd
Gennaio	10.461,7	21.631,4	6.965,0	0,0	0,0	0,0	3.767,9	317,8	21.477,9
Febbraio	8.154,9	17.083,3	6.236,8	0,0	0,0	0,0	4.632,7	428,5	14.518,4
Marzo	7.561,3	16.405,0	6.965,0	0,0	0,0	0,0	6.297,5	679,1	11.224,8
Aprile	2.537,5	5.823,4	1.348,1	0,0	0,0	0,0	3.271,6	359,6	2.461,5
Novembre	7.500,2	15.457,5	6.298,2	0,0	0,0	0,0	4.833,1	384,3	12.075,3
Dicembre	14.718,8	30.202,6	6.965,0	0,0	0,0	0,0	4.509,7	360,3	33.529,0
	50.904,1	106.603,1	36.594,1	0,0	0,0	0,0	27.312,6	2.553,5	95.276,2

Riscaldamento (involucro) Riscaldamento ACS Raffrescamento (involucro) Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporto Energie elettrica prodotta

Fig. 7.29 Risultati di calcolo.

## Verifiche di legge

Risultati verifiche

Dati energetici edificio e relativi limiti

Certificazione	EPi,nd	EPN,nd	EPC,nd	EPi,nd	EPi,tot	EPi,lm	UMEP	etaH	etaH,lm	etaHV	etaHV,lm	etaC	etaC,lm	verificato
Subottimo	48,7	49,5	9,0	9,3	164,9	161,7	kWh/m <sup>2</sup>	1,2537	1,1769	0,7895	0,5023	0,2877	0,1596	<b>B</b>

Esito della verifica per la certificazione

Non si verificano condensaioni superficiali o intensità nelle strutture opache

Il coefficiente medio globale di scambio termico HT (0,37 W/m<sup>2</sup>K) è inferiore al valore limite (0,86 W/m<sup>2</sup>K)

L'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile (0,033) è inferiore al valore limite (0,040)

L'EPi,nd (48,658 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (49,521 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento

L'EPC,nd (9,012 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (9,324 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento

L'EPi,tot (164,946 kWh/m<sup>2</sup>) è superiore al limite (161,651 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento

L'efficienza dell'impianto di riscaldamento (1,2537) è superiore al limite (1,1769) calcolato per l'edificio di riferimento

L'efficienza dell'impianto di acqua calda sanitaria (0,7895) è superiore al limite (0,5023) calcolato per l'edificio di riferimento

L'efficienza dell'impianto di raffrescamento (0,2877) è superiore al limite (0,1596) calcolato per l'edificio di riferimento

La massa superficiale delle strutture verticali opache è superiore a 230 kg/m<sup>2</sup> oppure la trasmittanza termica periodica è inferiore a 0,10 W/m<sup>2</sup>K

La trasmittanza termica periodica delle strutture orizzontali o inclinate è inferiore a 0,18 W/m<sup>2</sup>K

L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno il 61,0% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 31,4%)

L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno il 65,0% del fabbisogno annuo di energia richiesta dall'utenza per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 23,6%)

La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (19,2 MW) è inferiore al valore limite (28,1 MW)

Copertura fonti rinnovabili NON VERIFICATA. Segue verifica alternativa fonti rinnovabili

L'indice di prestazione energetica dell'edificio (56,732 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al valore limite (76,895 kWh/m<sup>2</sup>)

Obtengo alternative fonti rinnovabili (SPR/ATD). Determinare l'alternativa tecnica di riferimento, ad obblighi sulle fonti rinnovabili.

Generale rZEB Trasmittanze Verifica termografica Verifica estiva

Fig. 7.30 Verifiche ex-Legge 10.

## Attestato di prestazione energetica

















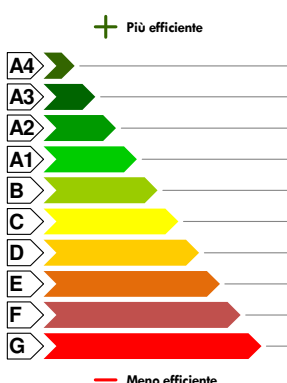





 <b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b> CODICE IDENTIFICATIVO: 072025 VALIDO FINO AL: 14/12/2035																																																																	
<b>DATI GENERALI</b>																																																																	
<b>Destinazione d'uso</b> <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale  Classificazione D.P.R. 412/93: E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	<b>Oggetto dell'attestato</b> <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari  Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input checked="" type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____																																																															
<b>Dati identificativi</b>																																																																	
Regione : Liguria Comune : Stella (SV) Indirizzo : Località Roviato Inferiore 25 Piano : Interno : Coordinate GIS : 0,00000 ; 0,00000		Zona climatica : D Anno di costruzione: Superficie utile riscaldata: 1958,07 m <sup>2</sup> Superficie utile raffrescata: 1414,93 m <sup>2</sup> Volume lordo riscaldato: 9853,85 m <sup>3</sup> Volume lordo raffrescato: 6025,14 m <sup>3</sup>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Comune catastale</th> <th colspan="3">Stella (SV)</th> <th colspan="3">Sezione</th> <th colspan="3">Foglio</th> <th colspan="3">25</th> <th colspan="3">Particella</th> <th colspan="3">725</th> </tr> <tr> <th>Subalterni</th><th>da</th><th>1</th> <th>a</th><th>1</th><th>da</th> <th>a</th><th>da</th><th>a</th> <th>a</th><th>da</th><th>a</th> <th>da</th><th>a</th><th>da</th> <th>a</th><th>a</th><th>a</th> <th>da</th><th>a</th><th>a</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altri subalterni</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>			Comune catastale			Stella (SV)			Sezione			Foglio			25			Particella			725			Subalterni	da	1	a	1	da	a	da	a	a	da	a	da	a	da	a	a	a	da	a	a	Altri subalterni																				
Comune catastale			Stella (SV)			Sezione			Foglio			25			Particella			725																																															
Subalterni	da	1	a	1	da	a	da	a	a	da	a	da	a	da	a	a	a	da	a	a																																													
Altri subalterni																																																																	
<b>Servizi energetici presenti</b>																																																																	
<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale <input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria	<input checked="" type="checkbox"/>  Illuminazione <input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose																																																															
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO</b>																																																																	
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.																																																																	
<b>Prestazione energetica del fabbricato</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		INVERNO	ESTATE					<b>Prestazione energetica globale</b>  <p> <b>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</b>  <b>CLASSE ENERGETICA A1</b>  <b>EP<sub>gl,nren</sub> 122,59 kWh/m<sup>2</sup> anno</b> </p>	<b>Riferimenti</b> Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:  Se nuovi: <b>A1 (122,93)</b>  Se esistenti: 																																																								
INVERNO	ESTATE																																																																
																																																																	
																																																																	

Fig. 7.31 Attestato di Prestazione Energetica Scenario 2 (pag. 1).

### 7.2.3 Impianto di illuminazione

L'attuale impianto di illuminazione è dotato di apparecchi che, oltre ad essere poco efficienti e caratterizzati da consumi piuttosto elevati, non garantiscono i livelli di illuminamento adeguati e le condizioni di comfort idonei per ambienti ad uso scolastico.

Pertanto, al fine di contenere i consumi elettrici e di migliorare la qualità dell'illuminazione si è scelto di effettuare il "relamping", ovvero la sostituzione degli apparecchi preesistenti con modelli più performanti e meno energivori.

Si è deciso per il seminterrato e il piano terra di mantenere i moduli 60x60 cm a incasso nel controsoffitto; negli spogliatoi della palestra e nei restanti locali al primo piano, alla stessa maniera, si manterranno le plafoniere di dimensioni 120x30 cm con due tubi ciascuna.

Le sorgenti artificiali selezionate per l'edificio scolastico che andranno a sostituire i preesistenti tubi negli impianti a incasso sono Philips CoreLine Gen6 dimmerabili con indice di resa cromatica (CRI) > 80, per un flusso luminoso complessivo di 5000 lm e una potenza assorbita di 38W per ogni modulo a incasso.

Le nuove sorgenti scelte per le plafoniere sono Ledvance LEDTube T8nPerformance 120 cm dimmerabili con indice di resa cromatica (CRI) > 80, per un flusso luminoso complessivo di 4800 lm e una potenza assorbita di 30 W per ogni plafoniera.

I fari della palestra sono stati sostituiti con proiettori LED appositi per campi sportivi Trilux LumenaPlus70 4000K con flusso luminoso 42.000 lm, potenza assorbita 261 W e indice di resa cromatica (CRI)>70.

Si precisa che parte dei corpi illuminanti installati è costituita da apparecchi di illuminazione ordinaria dotati di funzione di emergenza integrata. Tali dispositivi operano normalmente come illuminazione standard e garantiscono, in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica, il funzionamento in modalità di emergenza, senza modificare il regime di utilizzo in condizioni ordinarie.

La sostituzione dei corpi illuminanti permette una diminuzione della potenza installata da 15721 W a 8030 W. Questa scelta è stata effettuata per ottenere un minor consumo elettrico complessivo, che si era notevolmente innalzato con l'introduzione della VMC, in modo tale da poter essere sopperito in più larga misura dall'impianto fotovoltaico.

È stata inoltre prevista l'installazione di due tipologie di sensori nei locali:

- Sensori KINASGARD RBWF – LF di luminosità e presenza per le aule e le sale docenti: provvedono alla regolazione dell'illuminazione in base alla necessità secondo la luce diurna, e all'accensione e regolazione in base alla presenza all'interno del locale;
- Sensori di presenza per i locali di servizio: provvedono all'accensione e allo spegnimento automatici dei corpi illuminanti in funzione della presenza all'interno del locale.

Pertanto, in ogni locale nel Layout vengono aggiornati i valori di potenza installata e i parametri di automazione.

Dati illuminazione

Illuminamento mantenuto 500 lux

Altezza piano di lavoro 0,800 m

Potenza installata 152,0 W

Sistemi di controllo per il mantenimento di valori costanti di illuminamento

Fattore di assenza 0,0

Tipo di sistema di controllo per l'ottimizzazione della luce naturale  
Automatico, con sensore

Tipo di sistema di controllo in funzione della presenza  
Auto ON/Variatore di luce

Fig. 7.32 Dati illuminazione Aula 1.

Dati illuminazione

Illuminamento mantenuto 300 lux

Altezza piano di lavoro 0,800 m

Potenza installata 38,0 W

Sistemi di controllo per il mantenimento di valori costanti di illuminamento

Fattore di assenza 0,9

Tipo di sistema di controllo per l'ottimizzazione della luce naturale  
Manuale

Tipo di sistema di controllo in funzione della presenza  
Auto ON/Auto OFF

Fig. 7.33 Dati illuminazione Bagno 1.

**ABACO ILLUMINAZIONE  
PROGETTO**

Lampada	Tipologia locale	N. lampade	Flusso $\phi$ (lm)	Potenza (W)
<b>Pannello LED Philips Coreline Gen6 (RC132V G6 50S/840 PSD W60L60 OC) 38 W, 60x60 cm, 5000 lm, 4000 K, CRI&gt;80</b>	Multimediale	3	15000	114
	Archivio	2	10000	76
	Sala videoconferenze	3	15000	114
	Ripostiglio	1	5000	38
	Bagno	1	5000	38
	Bagno 1	2	10000	76
	Bagno 2	2	10000	76
	Bagno 3	3	15000	114
	Spogliatoio	1	5000	38
	Sala docenti	2	15000	76
	Ingresso	9	45000	342
	Aula 1	4	20000	152
	Aula 2 e 3	8	40000	304
	Aula 4	4	20000	152
	Aula 5 e 6	8	40000	304



**Pannello LED  
Philips**



**Faro LED Trilux  
Ln Plus**



**Tubo LED Ledvance  
LEDTube T8**

LEGENDA COMPONENTI	
	LED 38 Watt
	LED 38 Watt Watt EMERGENZA
	LED 2*15 Watt
	LED 2*15 Watt EMERGENZA
	Faro LED 281 Watt
	Sensore presenza
	Sensore luminosità

**Pianta piano seminterrato (scuola media)**



ABACO ILLUMINAZIONE  
PROGETTO

Lampada	Tipologia locale	N. lampade	Flusso $\phi$ (lm)	Potenza (W)
Fari Trilux LnPlus [...]	Palestra	8	336000	2088
2x Tubo LED Ledvance T8 Performance [...]	Servizi palestra 1	2	9600	60
	Servizi palestra 2	2	9600	60
Pannello LED Philips Coreline Gen6 (RC132V G6 50S/840 PSD W60L60 OC) 38 W, 60x60 cm, 5000 lm, 4000 K, CRI>80	Corridoio	2	10000	76
	Atrio	11	55000	418
	Bagno	1	5000	38
	Ripostiglio	1	5000	38
	Ripostiglio 1	1	5000	38
	Bagno 1	2	10000	76
	Bagno 2	2	10000	76
	Multimediale	4	20000	152
	Aula 1	4	20000	152
	Bagno 3	2	10000	76
	Aula insegnanti	2	10000	76
	Laboratorio pittura	4	20000	152
	Aula 2	4	20000	152
	Aula 3	4	20000	152
	Aula 4	6	30000	228
Aula 5	6	30000	228	

Pianta piano terra (scuola elementare)



**ABACO ILLUMINAZIONE  
PROGETTO**

Lampada	Tipologia locale	N. lampade	Flusso $\phi$ (lm)	Potenza (W)
<b>2x Tubo LED Ledvance T8 Performance 15 W, 120cm, 2400 lm, 4000 K, CRI&gt;80</b>	Cucina	6	28800	180
	Dispensa	1	4800	30
	Atrio	5	24000	150
	Bagno cucina	3	14400	90
	Mensa	11	52800	330
	Sala riposo	2	9600	60
	Sala docenti	1	4800	30
	Bagno	2	9600	60
	Sala giochi	8	38400	240
	Ripostiglio	0	0	0
	Bagno 1	1	4800	30
	Aula 1	4	19200	120
	Aula 2	4	19200	120
	Ripostiglio 2	0	0	0
	Ripostiglio 3	0	0	0
	Bagno 2	1	4800	30
	Aula 3	4	19200	120
	Aula 4	2	9600	60
Vano scale	1	9600	30	

**Pianta primo piano (scuola materna)**



### Confronto con lo stato di fatto

Si calcola l'illuminamento effettivo attuale di un locale rappresentativo dell'edificio: è stata scelta l'Aula 1 del piano seminterrato (scuola secondaria di primo grado).

Attualmente al piano seminterrato l'impianto di illuminazione è costituito da lampade Philips a incasso di dimensioni 60x60cm, costituite ciascuna da 4 tubi a Led TL-D 18W/33-640 da 1200 lm e 18 W ciascuno, per un flusso luminoso di 4800 lm e una potenza totale di 72 W per ciascun apparecchio. L'indice di resa cromatica (CRI) si attesta a 63, un valore mediocre rispetto ad apparecchi illuminanti più moderni.

L'Aula 1 dispone di quattro apparecchi, per un flusso complessivo di 19.200 lm e un consumo di 288 W.

In conformità con la norma UNI EN 12464 il livello di illuminamento mantenuto richiesto per un'aula di scuola secondaria è 500 lux. È possibile calcolare il livello di illuminamento attuale facendo riferimento alla formula:

$$E = \frac{\Phi_t \cdot k_u \cdot k_m}{A} \text{ [lux]}$$

In cui:

- $\Phi_t$  è il flusso luminoso complessivo emesso dalle lampade;
- $A$  è la superficie utile del locale pari a 40,40 m<sup>2</sup>;
- $k_u$  e  $k_m$  per l'Aula 1 valgono rispettivamente 0,34 e 0,85.

Si deduce che il valore di illuminamento attuale è di circa 137 lux, ovvero del 73% inferiore alla soglia minima suggerita dalla norma.

Si vuole dimostrare, tuttavia, anche l'insufficienza della sola sostituzione degli apparecchi esistenti senza ulteriori aggiunte. Si ricorda che le sorgenti artificiali per la sostituzione sono Philips CoreLine Gen6 dimmerabili con indice di resa cromatica (CRI) > 80, per un flusso luminoso complessivo di 5000 lm e una potenza assorbita di 38 W per ogni modulo a incasso. L'Aula 1 dispone di quattro apparecchi per un flusso complessivo di 20.000 lm e un consumo complessivo di 152 W. Si deduce che il valore di illuminamento non si distaccherebbe di molto da quello attuale.

### Rispetto dei requisiti illuminotecnici per il comfort visivo

Si è ritenuto opportuno valutare anche lo scenario in cui, oltre alla sostituzione dei corpi illuminanti obsoleti, si garantisce il rispetto dei requisiti illuminotecnici di illuminamento medio e di distribuzione uniforme.

Per il dimensionamento dell'impianto si è fatto riferimento al "Metodo del flusso totale" per garantire il rispetto delle norme del livello di illuminazione di ogni singolo locale. In questo metodo approssimato si assume come parametro di riferimento il livello di illuminamento medio mantenuto  $E_m$  in conformità con la norma UNI EN 12464.

- Si reperisce il livello di illuminamento medio  $E_m$  di ogni locale, in base alla relativa destinazione d'uso, nei prospetti 43 e 44 della UNI EN 12464-1.

progetto 02 Edificio scolastico - Aula video, scuola materna

N. di	Tipo di area del computer attivata	$E_{tot}$ h		$\alpha_c$	$\beta_c$	$\beta_{tot}$	$E_{tot,2}$ h	$E_{tot,amb}$ h	$E_{tot,contig}$ h	Requisiti specifici
		schermi <sup>1)</sup>	moduli <sup>2)</sup>							
40.1	Luce-punti	300	300	0,40	80	20	100	100	75	1) Diminuzione energia luminosa emessa nella direzione di osservazione del locale mediante l'uso di schermi off-brand.
40.2	Video	300	300	0,40	80	20	100	100	75	1) Diminuzione energia luminosa emessa nella direzione di osservazione del locale mediante l'uso di schermi off-brand.
40.3	Aula per lavori manuali	300	300	0,40	80	20	100	100	75	

40 schermo video nuovo  
 40 moduli schermo moduli in camera chiusa fino al punto 5.3.3

progetto 04 Edificio scolastico - Locali scolastici

N. di	Tipo di area del computer attivata	$E_{tot}$ h		$\alpha_c$	$\beta_c$	$\beta_{tot}$	$E_{tot,2}$ h	$E_{tot,amb}$ h	$E_{tot,contig}$ h	Requisiti specifici
		schermi <sup>1)</sup>	moduli <sup>2)</sup>							
44.1	Aula scolastica - attività general	300	1.000	0,60	80	10	100	70	100	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4, per attività di lavoro diurno. Per la sala attività di lavoro, si può utilizzare un $E_{tot}$ ridotto di 200 h mediante regolazione del flusso luminoso (vedere punto 5.3.3). 2) Diminuzione tenore calorico della luce ambiente, vedere appendice B, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7.
44.2	Auditorium, aula didattica	300	700	0,40	80	10	100	100	50	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4, per attività work esigenze 40 h, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7.

progetto 04 Edificio scolastico - Locali scolastici (Continua)

N. di	Tipo di area del computer attivata	$E_{tot}$ h		$\alpha_c$	$\beta_c$	$\beta_{tot}$	$E_{tot,2}$ h	$E_{tot,amb}$ h	$E_{tot,contig}$ h	Requisiti specifici
		schermi <sup>1)</sup>	moduli <sup>2)</sup>							
44.3	Frequenza delle lezioni nei punti a vedere in auditorium e aula didattica	300	300	0,60	80	10	75	75	50	Riduzione mediante regolazione del flusso luminoso. Per lavoro con attrezzature fisiche di audiovisiva, vedere punto 5.5.
44.4	Lunghe e schermi nei, venti a schermo	300	700	0,70	80	10	-	-	-	Burnimento verticali La riflessione speculare deve essere evitata. 1) Illuminazione dimmabile essere regolabile con un illuminamento verticale idoneo.
44.5	Lunghe e schermi nei, venti a schermo in auditorium e aula didattica	300	700	0,60	80	10	-	-	-	Burnimento verticali. La riflessione speculare deve essere evitata. L'angolo di sguardo deve essere illuminato con un illuminamento verticale idoneo.
44.6	Presentazione mediante proiezione e lunghe didattiche	-	-	-	-	-	-	-	-	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4. 2) La riflessione speculare deve essere evitata. 3) 200 h in direzione verticale della stanza, allo schermo. 4) Illuminazione punto sullo schermo quando attivato il computer deve essere evitata.
44.7	Teletext	300	300	0,60	80	10	-	-	-	Burnimento verticali
44.8	Teletext per dimostrazione in auditorium e aula didattica	700	1.000	0,70	80	10	-	-	-	Burnimento verticali
44.9	Luce sul docente - lezione	-	-	-	80	-	100	-	-	A 1,8 m al di sopra del pavimento. Burnimento verticale idoneo.
44.10	Luce sul area del legno	300	300	0,70	80	-	-	-	-	1) Illuminazione deve dimmabile essere regolabile in direzione del pubblico. 2) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4, per integrare work esigenze AV.

progetto 04 Edificio scolastico - Locali scolastici (Continua)

N. di	Tipo di area del computer attivata	$E_{tot}$ h		$\alpha_c$	$\beta_c$	$\beta_{tot}$	$E_{tot,2}$ h	$E_{tot,amb}$ h	$E_{tot,contig}$ h	Requisiti specifici
		schermi <sup>1)</sup>	moduli <sup>2)</sup>							
44.11	Sala lavoro al computer	300	300	0,60	80	10	100	100	75	Per lavoro con attrezzature fisiche di audiovisiva, vedere punto 5.5. Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7.
44.12	Aula elettronica alfabetica e scuola-fore	700	1.000	0,70	80	10	100	100	100	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4. 2) Diminuzione tenore calorico della luce ambiente, vedere appendice B, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7. 4) 100 h e $E_{tot}$ e 500 h.
44.13	Aula per disegno tecnico	700	1.000	0,60	80	10	100	100	100	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4. 2) Diminuzione tenore calorico della luce ambiente, vedere appendice B, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7.
44.14	Aula per educazione tecnica e laboratori	300	700	0,60	80	10	100	100	100	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4. 2) Diminuzione tenore calorico della luce ambiente, vedere appendice B, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7.
44.15	Aula per lavori manuali	300	700	0,60	80	10	100	100	100	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4. 2) Diminuzione tenore calorico della luce ambiente, vedere appendice B, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7.
44.16	Laboratorio di insegnamento	300	700	0,60	80	10	100	100	100	1) Illuminazione dimmabile essere regolabile, vedere punto 6.2.4. 2) Diminuzione tenore calorico della luce ambiente, vedere appendice B, per la bilancia del locale, vedere punto 6.7.

N. di	Tipo di area del complesso edilizio	$E_{a,0}$ lx		$\rho_c$	$\rho_s$	$\rho_{m,0}$	$E_{a,1}$ lx	$E_{a,amb}$ lx	$E_{a,work}$ lx	Requisiti specifici
		richiesto <sup>a)</sup>	modificato <sup>b)</sup>							
44.17	Aula di preparazione e officina	300	750	0,80	80	22	100	150	100	L'illuminazione dovrebbe essere regolabile, vedere punto 4.2.4. Si dovrebbe tenere conto della luce ambiente, vedere appendice II, per la brillantezza del locale, vedere punto 4.7.
44.18	Ingresso	200	300	0,40	80	22	75	75	50	
44.19	Aula di discussione, corso	100	150	0,40	80	25	50	50	30	Illuminazione orizzontale a tutto pavimento.
44.20	Scale	100	200	0,40	80	25	50	50	30	Illuminamento orizzontale a tutto pavimento.
44.21	Scale comuni per gli studenti e sala magna	200	300	0,40	80	22	75	75	50	
44.22	Sala professori	300	300	0,80	80	19	100	100	50	Per lavoro di ufficio, vedere progetto 34 - Uffici.
44.23	Biblioteca: scaffali	200	300	0,80	80	19	-	-	-	Illuminamento verticale sugli scaffali. Per l'illuminazione dedicata degli scaffali non si applica il valore di $E_{a,0}$ .
44.24	Biblioteca: area di lettura	300	750	0,80	80	19	100	100	50	vedere progetto 41 - Luoghi pubblici - Biblioteca.
44.25	Magazzino materiali didattici	100	150	0,40	80	25	50	50	30	
44.26	Palestra, palestra, piano	300	300	0,80	80	22	100	75	30	Questi requisiti sono applicati soltanto per le scuole. Per uso non scolastico, alternativo e gara, si applicano i requisiti specifici indicati nella EN 12193.
44.27	Mensa scolastica	200	300	0,40	80	22	75	75	50	
44.28	Corridoio	300	750	0,80	80	22	100	100	75	

Fig. 7.34 Prospetti 43 e 44.

- Per effettuare il calcolo si deve tenere conto del flusso luminoso effettivo che sarà in grado di raggiungere la superficie del piano di lavoro; perciò, vengono considerati due coefficienti di correzione che ne riducono l'entità. Una parte del flusso luminoso emesso, infatti, verrà assorbito dall'apparecchio stesso e dalle superfici del soffitto, delle pareti e del pavimento; inoltre, il flusso luminoso diminuirà a distanza di tempo dalla realizzazione dell'impianto e a causa dell'accumulo di polvere sulla superficie degli apparecchi.
  - fattore di utilizzazione  $ku$ , che dipende dal colore delle superfici riflettenti e dall'indice  $K$  del locale.

$$K = \frac{(a \cdot b)}{h \cdot (a + b)}$$

In cui  $a$  e  $b$  sono rispettivamente la lunghezza del locale e la larghezza del locale, mentre  $h$  corrisponde alla distanza degli apparecchi dal piano di lavoro.

Le stanze caratterizzata da pianta irregolare sono state semplificate a forma rettangolare in base alla loro superficie.

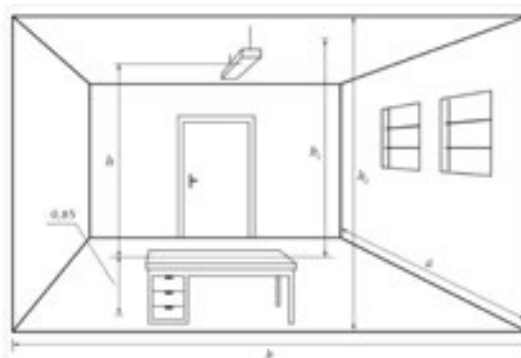


Fig. 7.35 Dimensioni locale.

Incrociando i valori dell'indice K con il fattore di riflessione del soffitto e delle pareti si estrapola il fattore  $k_u$ .

**FATTORE DI RIFLESSIONE** Tab. 2

Colore	Soffitto	Pareti	Pavimento
tonalità molto chiare (bianco, crema)	50% e 80%	50%	50%
tonalità chiare (giallo tenue, avorio, perla, rosa tenue)	50%	50%	50% e 20%
tonalità scure (verde, azzurro, grigio)	50%	20% e 10%	10%

**FATTORE DI UTILIZZAZIONE  $u_a$  (ESPRESSO IN PERCENTUALE)** Tab. 2

Apparecchio per illuminazione diretta

Indice del locale $I$	riflessione soffitti							
	75% pareti			50% pareti			30% pareti	
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
0,5÷0,7	34	33	28	32	27	26	27	26
0,7÷0,9	40	39	33	38	33	30	33	30
0,9÷1,1	46	44	38	43	38	35	37	35
1,12÷1,38	51	49	43	47	42	40	42	39
1,38÷1,71	55	52	46	50	45	43	45	43
1,71÷2,25	60	57	51	54	50	48	50	48
2,25÷2,71	65	60	54	57	53	52	53	51
2,71÷3,5	68	62	57	60	56	54	56	55
3,5÷4,5	71	65	59	63	58	57	57	56
5,0÷6,0	73	66	61	62	60	58	58	57

Fig. 7.36 Tabella fattore riflessione e tabella fattore utilizzazione.

- fattore di manutenzione  $k_m$ , che tiene conto dell'invecchiamento delle lampade e dipende principalmente dalla cura manutentiva prevista e dal livello di pulizia dei locali.

**FATTORE DI MANUTENZIONE** Tab. 3

Grado di inquinamento del locale	Tipo di lampade		
	A incandescenza con o senza filamenti e LED	A scarica (a vapori di mercurio e di sodio)	Ad alogeni
minimo	0,85	0,75	0,65
medio	0,78	0,65	0,55
elevato	0,68	0,58	0,45

Fig. 7.37 Tabella fattore manutenzione.

- Si calcola il flusso luminoso minimo  $\Phi_{t(\min)}$  che garantisce l'illuminamento medio conforme alla norma UNI EN 12464, tramite la relazione:

$$\Phi_{t(\min)} \geq \frac{E_m \cdot A}{k_u \cdot k_m} \quad [lm]$$

- Si sceglie un apparecchio luminoso in cui è riportato il flusso luminoso del singolo prodotto e si calcola il numero minimo di apparecchi necessari:

$$N_{\text{apparecchi}} = \frac{\Phi_{t(\min)}}{\Phi_{\text{apparecchio}}}$$

- Si calcola infine la potenza assorbita dall'impianto per ogni locale moltiplicando il numero degli apparecchi per la potenza assorbita dal singolo elemento, reperibile dalla scheda tecnica.

$$P = P_L \cdot N_{\text{apparecchi}}$$

Il nuovo impianto è costituito da 376 apparecchi illuminanti contro i 176 precedentemente esistenti, per una potenza complessiva assorbita dall'impianto di 15.032 W contro i precedenti 15.721 W. Il consumo complessivo è rimasto pressoché invariato, ma

l'intervento garantisce la conformità di ogni locale alle norme di illuminazione e comporta un significativo miglioramento del comfort, fondamentale in un ambiente in cui vengono svolte funzioni didattiche, in quanto i nuovi corpi illuminanti garantisce una resa cromatica e un'efficienza luminosa elevate.

Si può calcolare a questo punto la distanza tra i centri degli apparecchi luminosi e il numero di file in grado di assicurare un fattore di uniformità congruo, che viene scelto pari a 0.8.

$$d \leq k \cdot h$$

$$n_{file} \geq \frac{b}{d}$$

In cui k si desume dalla seguente tabella.

Fattore k		
Fattore di uniformità	Tipo di lampada	
	concentrante	diffondente
0.6 ÷ 0.8	1 ÷ 1.25	1.25 ÷ 1.5
maggiore di 0.8	minore di 1	

Fig. 7.38 Tabella fattore k.

Volendo raggiungere un fattore di uniformità pari a 0.8, si sceglie per k un valore pari a 1. A questo punto per ogni locale è possibile calcolare il numero minimo di file di apparecchi necessarie (da arrotondare per eccesso). Dividendo il numero complessivo di apparecchi necessari per il numero di file e arrotondando il risultato per eccesso si ottiene il numero effettivo di apparecchi su una fila per garantire un risultato omogeneo.

La distanza effettiva trasversale tra le file da interasse a interasse si calcolerà come:

$$d_t = \frac{b}{n_{file}} [m]$$

La distanza effettiva longitudinale tra i centri degli apparecchi si calcolerà come:

$$d_l = \frac{a}{n_{apparecchi, fila}} [m]$$

Infine, si può calcolare l'illuminamento medio effettivo per ogni locale, il quale potrebbe essere più alto del valore reperito dalla normativa, in quanto per garantire l'omogeneità di illuminazione le file dovrebbero essere uniformi ed è sovente necessario aggiungere degli apparecchi per completare le file.

$$E_{m,eff} = \frac{N_{apparecchi} \cdot \varphi_{apparecchio} \cdot k_u \cdot k_m}{A} [lux]$$

Si riporta l'esempio di calcolo per l'Aula 1.

Il flusso luminoso minimo necessario è stato calcolato per 69896,2 lm per cui è stata previsto il numero minimo di apparecchi luminosi a 14 unità.

Tenuto conto che il fattore k ha un valore pari a 1, si calcola:

$$d \leq 1 \cdot 2,05 = 2,05$$

$$n_{file} \geq \frac{5,8}{2,05} = 2,82 \cong 3 \text{ file}$$

Si tratta dunque di installare almeno 14 apparecchi luminosi su tre file. A tal fine, per una corretta uniformità e dovendo avere tre file occorreranno 15 apparecchi luminosi, disposti in file da 5 elementi.

La distanza tra gli interassi delle file sarà:

$$d_t = \frac{5,8}{3} = 1,93 \text{ m}$$

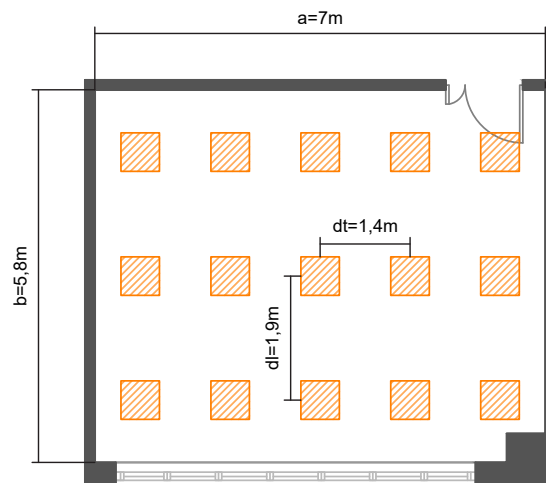
E la distanza tra i centri degli apparecchi si calcolerà come:

$$d_l = \frac{7}{5} = 1,4 \text{ m}$$

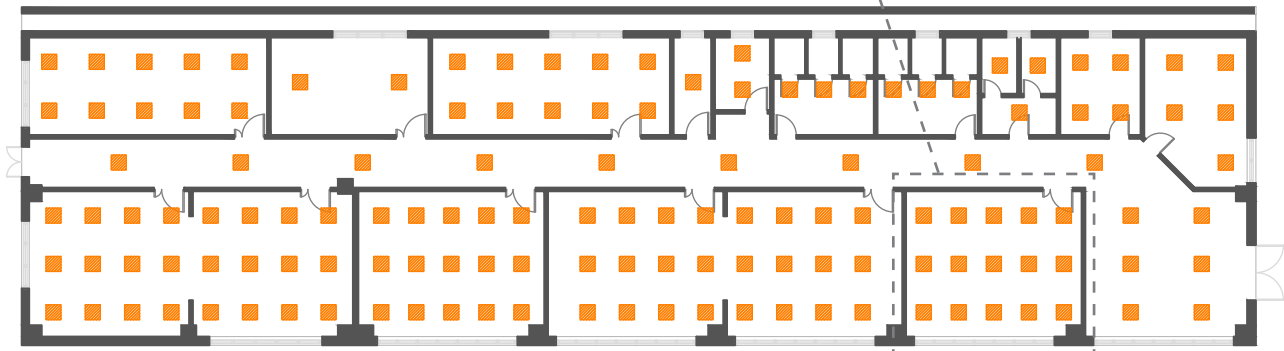
**ABACO ILLUMINAZIONE  
PROGETTO**

Piano seminterrato								
Lampada	Tipologia locale	Sup. utile (m <sup>2</sup> )	Illuminamento mantenuto (lux)	Indice i locale	Fattore utilizzazione K <sub>u</sub>	Flusso $\phi$ (lm)	N. lampade	Potenza (W)
<b>Pannello LED Philips Coreline Gen6 (RC132V G6 50S/840 PSD W60L60 OC) 38 W, 60x60 cm, 5000 lm, 4000 K, CRI&gt;80</b>	Multimediale	36,94	300	1,34	0,31	42051,2	9	342
	Archivio	24,99	100	1,19	0,31	9485,4	2	76
	Sala videoconferenze	36,90	300	1,34	0,31	42015,9	9	342
	Ripostiglio	5,83	100	0,52	0,2	3430,6	1	38
	Bagno	6,34	200	0,51	0,2	7456,5	2	76
	Bagno 1	14,65	200	0,90	0,28	12312,6	3	114
	Bagno 2	14,65	200	0,90	0,28	12312,6	3	114
	Bagno 3	10,88	200	0,76	0,24	10667,6	3	114
	Spogliatoio	12,45	200	0,85	0,24	12208,8	3	114
	Sala docenti	21,57	300	1,10	0,31	24554,5	5	190
	Ingresso	128,08	200	2,24	0,42	71755,2	15	570
	Aula 1	40,40	500	1,54	0,34	69896,2	14	532
	Aula 2 e 3	81,16	500	1,98	0,38	125639,3	26	988
	Aula 4	42,53	500	1,57	0,34	73572,7	15	570
	Aula 5 e 6	73,60	500	1,92	0,38	113931,9	23	874
<b>Totale</b>							133	5054

**Aula 1**



**Pianta piano seminterrato (scuola media)**



**ABACO ILLUMINAZIONE  
PROGETTO**

Piano terra								
Lampada	Tipologia locale	Sup. utile (m <sup>2</sup> )	Illuminamento mantenuto (lux)	Indice i locale	Fattore utilizzazione k <sub>u</sub>	Flusso φ (lm)	N. lampade	Potenza (W)
Fari Trilux LnPlus [...]	Palestra	292,85	300	2,05	0,31	333416,7	8	2072
2x Tubo LED Ledvance T8 Performance [...]	Servizi palestra 1	17,86	200	1,06	0,28	15009,2	4	120
	Servizi palestra 2	24,05	200	1,15	0,31	18257,3	4	120
Pannello LED Philips Coreline Gen6 (RC132V G6 50S/840 PSD W60L60 OC) 38 W, 60x60 cm, 5000 lm, 4000 K, CRI>80	Corridoio	23,29	100	1,16	0,31	8837,6	2	76
	Atrio	105,75	200	2,13	0,38	65480,5	14	532
	Bagno	4,00	200	0,51	0,2	4705,9	1	38
	Ripostiglio	3,68	100	0,48	0,2	2161,8	1	38
	Ripostiglio 1	5,76	100	0,62	0,2	3387,1	1	38
	Bagno 1	23,91	200	1,19	0,31	18150,3	4	152
	Bagno 2	23,80	200	1,21	0,31	18066,8	4	152
	Multimediale	46,97	500	1,73	0,34	81254,3	17	646
	Aula 1	41,38	300	1,64	0,34	42949,8	9	342
	Bagno 3	10,76	200	0,79	0,24	10544,1	3	114
	Aula insegnanti	18,28	300	1,09	0,28	23038,2	5	190
	Laboratorio pittura	28,90	500	1,35	0,31	54829,2	11	418
	Aula 2	41,80	300	1,62	0,34	43394,1	9	342
	Aula 3	41,37	300	1,64	0,34	42944,6	9	342
	Aula 4	41,37	300	1,64	0,34	42944,6	9	342
Aula 5	41,36	300	1,64	0,34	42929,1	9	342	
<b>Totale</b>							124	6416

Primo piano								
Lampada	Tipologia locale	Sup. utile (m <sup>2</sup> )	Illuminamento mantenuto (lux)	Indice i locale	Fattore utilizzazione k <sub>u</sub>	Flusso φ (lm)	N. lampade	Potenza (W)
2x Tubo LED Ledvance T8 Performance 15 W, 120cm, 2400 lm, 4000 K, CRI>80	Cucina	46,92	500	1,71	0,34	81183,4	17	510
	Dispensa	11,94	100	0,87	0,24	5852,9	2	60
	Atrio	66,56	200	1,95	0,38	41214,2	9	270
	Bagno cucina	10,84	200	0,80	0,24	10629,4	3	90
	Mensa	109,09	200	2,67	0,42	61114,3	13	390
	Sala riposo	33,50	300	1,39	0,34	34774,0	8	240
	Sala docenti	10,13	300	0,75	0,24	14891,2	4	120
	Bagno	7,98	200	0,68	0,2	9388,2	2	60
	Sala giochi	81,23	300	2,25	0,42	68258,0	15	450
	Ripostiglio	3,73	100	0,48	0,2	2191,8	1	30
	Bagno 1	8,29	200	0,64	0,2	9757,6	3	90
	Aula 1	39,72	300	1,60	0,34	41228,7	9	270
	Aula 2	39,93	300	1,61	0,34	41450,9	9	270
	Ripostiglio 2	2,46	100	0,37	0,2	1445,9	1	30
	Ripostiglio 3	2,46	100	0,37	0,2	1445,9	1	30
	Bagno 2	11,44	200	0,81	0,2	13458,8	3	90
	Aula 3	46,68	300	1,69	0,34	48455,7	11	330
	Aula 4	31,06	300	1,38	0,34	32243,3	7	210
Vano scale	32,31	150	0,98	0,28	20363,4	5	150	
<b>Totale</b>							118	3540

### 7.2.4 Valutazione dei risultati intermedi “Scenario 3”

A seguito dell’analisi dello scenario comprensivo dell’inserimento della ventilazione meccanica controllata, la valutazione delle prestazioni energetiche è stata ulteriormente estesa considerando la sostituzione dell’impianto di illuminazione esistente con i sistemi ad alta efficienza, finalizzata alla riduzione dei consumi elettrici. Il confronto tra i due scenari è stato condotto mantenendo invariati l’involucro edilizio e gli altri sistemi impiantistici, così da attribuire le variazioni riscontrate esclusivamente all’intervento sull’illuminazione artificiale.

L’analisi degli indicatori energetici relativi ai consumi elettrici evidenzia come la sostituzione dei corpi illuminanti determini una significativa riduzione del fabbisogno di energia elettrica associato al servizio di illuminazione, contribuendo a mitigare gli effetti negativi introdotti dall’inserimento della ventilazione meccanica controllata: in particolare, il fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione scende a 18,9 kWh/m<sup>2</sup> rispetto ai 34,1 dello scenario precedente.

La riduzione dei consumi elettrici per illuminazione incide positivamente anche sulla quota di energia coperta da fonti rinnovabili. A parità di produzione dell’impianto fotovoltaico, la diminuzione dei fabbisogni elettrici consente infatti di aumentare la copertura da fonti rinnovabili utilizzata per il servizio, con una riduzione del fabbisogno elettrico complessivo del 17% e della quota di energia elettrica prelevata dalla rete del 5%. Tale effetto risulta particolarmente rilevante in questo scenario che include l’impianto VMC, caratterizzato da consumi elettrici elevati, per i quali la disponibilità di energia da fonte rinnovabile rappresenta un fattore critico.

Energia elettrica prodotta dalla certificazione (kWh)					
Mese	Qel,ref	Qel,prod	Qel,used	Qel,net	Qel,exp
Gennaio	9.506,5	1.017,1	1.017,1	8.489,4	0,0
Febbraio	7.943,0	1.296,6	1.296,6	6.646,3	0,0
Marzo	7.548,3	1.836,8	1.836,8	5.711,5	0,0
Aprile	7.421,0	2.054,0	2.054,0	5.367,0	0,0
Maggio	7.986,7	2.221,3	2.221,3	5.765,4	0,0
Giugno	11.666,1	2.360,8	2.360,8	9.305,3	0,0
Luglio	12.362,9	2.713,7	2.713,7	9.649,2	0,0
Agosto	12.939,5	2.490,0	2.490,0	10.449,5	0,0
Settembre	8.229,0	2.233,5	2.233,5	5.995,4	0,0
Ottobre	7.817,7	1.992,5	1.992,5	5.825,2	0,0
Novembre	7.496,2	1.368,7	1.368,7	6.127,5	0,0
Dicembre	10.531,0	1.194,7	1.194,7	9.336,3	0,0
<b>Totale</b>	<b>110.649,4</b>	<b>22.779,6</b>	<b>22.779,6</b>	<b>87.869,7</b>	<b>0,0</b>

Energia elettrica prodotta dalla certificazione (kWh)					
Mese	Qel,ref	Qel,prod	Qel,used	Qel,net	Qel,exp
Gennaio	7.377,0	1.017,1	1.017,1	6.360,0	0,0
Febbraio	5.668,0	1.296,6	1.296,6	4.371,5	0,0
Marzo	6.033,1	1.836,8	1.836,8	4.196,3	0,0
Aprile	5.935,6	2.054,0	2.054,0	3.881,6	0,0
Maggio	6.479,3	2.221,3	2.221,3	4.258,0	0,0
Giugno	10.207,3	2.360,8	2.360,8	7.846,6	0,0
Luglio	10.855,1	2.713,7	2.713,7	8.141,5	0,0
Agosto	11.429,6	2.490,0	2.490,0	8.939,7	0,0
Settembre	6.762,3	2.233,5	2.233,5	4.528,8	0,0
Ottobre	6.297,3	1.992,5	1.992,5	4.304,8	0,0
Novembre	6.018,6	1.368,7	1.368,7	4.649,9	0,0
Dicembre	9.505,2	1.194,7	1.194,7	7.906,6	0,0
<b>Totale</b>	<b>92.786,4</b>	<b>22.779,6</b>	<b>22.779,6</b>	<b>70.006,8</b>	<b>0,0</b>

Fig. 7.39 Confronto energia elettrica prodotta Scenario 2 e 3.

Fabbisogno illuminazione della certificazione [kWh]				
Mese	Q <sub>ind</sub>	Q <sub>renn,i</sub>	Q <sub>renn,l</sub>	Q <sub>tot,i</sub>
Gennaio	3.799,9	6.617,0	2.001,4	8.618,4
Febbraio	3.368,0	5.358,7	1.911,5	7.270,2
Marzo	3.645,4	5.378,7	2.183,5	7.562,2
Aprile	3.490,9	4.923,2	2.152,8	7.076,0
Maggio	3.593,7	5.053,1	2.216,3	7.269,4
Giugno	3.467,8	5.393,8	2.001,8	7.395,6
Luglio	3.584,8	5.455,9	2.101,9	7.557,8
Agosto	3.597,0	5.664,4	2.074,4	7.721,8
Settembre	3.529,0	5.013,7	2.166,3	7.180,0
Ottobre	3.698,9	5.374,6	2.238,2	7.612,7
Novembre	3.656,4	5.828,1	2.072,3	7.900,4
Dicembre	3.820,7	6.613,0	2.023,3	8.636,3
	43.248,3	66.674,1	25.126,6	91.800,7

Riscaldamento (involucro) Riscaldamento ACS Raffrescamento (involucro) Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporto Energia elettrica prodotta

Fabbisogno illuminazione della certificazione [kWh]				
Mese	Q <sub>ind</sub>	Q <sub>renn,i</sub>	Q <sub>renn,l</sub>	Q <sub>tot,i</sub>
Gennaio	2.271,3	3.864,4	1.221,0	5.085,4
Febbraio	1.992,1	2.996,0	1.177,8	4.173,9
Marzo	2.136,1	2.889,1	1.344,9	4.234,0
Aprile	2.028,9	2.592,8	1.324,2	3.917,0
Maggio	2.081,3	2.666,0	1.356,4	4.023,4
Giugno	2.009,0	3.011,5	1.190,5	4.202,1
Luglio	2.077,0	3.037,7	1.251,4	4.289,1
Agosto	2.087,0	3.183,1	1.221,9	4.406,0
Settembre	2.062,3	2.693,2	1.330,3	4.023,5
Ottobre	2.178,5	2.904,0	1.389,2	4.293,2
Novembre	2.178,8	3.282,4	1.286,6	4.569,0
Dicembre	2.290,9	3.880,8	1.236,1	5.116,9
	25.387,3	37.002,0	15.330,4	52.332,4

Riscaldamento (involucro) Riscaldamento ACS Raffrescamento (involucro) Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporto Energia elettrica prodotta

Fig. 7.40 Confronto consumi illuminazione Scenario 2 e 3.

Questo si riflette positivamente sull'indicatore di prestazione energetica globale non rinnovabile, che scende da 122,6 a 104,8 kWh/m<sup>2</sup>anno, mantenendo la classe A1.

Nel complesso, l'intervento di efficientamento dell'impianto di illuminazione si configura come una strategia complementare e sinergica rispetto all'introduzione della VMC: se da un lato la ventilazione meccanica migliora in modo significativo la qualità dell'aria interna e il comfort ambientale, dall'altro la riduzione dei consumi elettrici per illuminazione consente di riequilibrare il bilancio energetico dell'edificio, incrementando la quota di energia rinnovabile utilizzata e migliorando le prestazioni energetiche complessive del sistema edificio-impianto.

Risultati

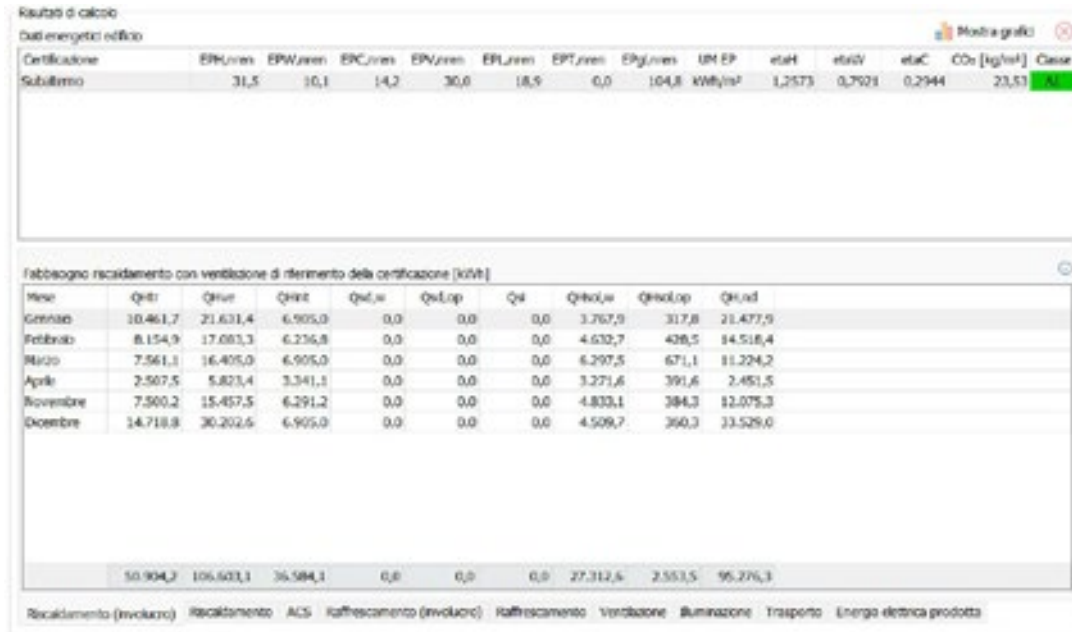


Fig. 7.41 Risultati di calcolo.

Verifiche di legge

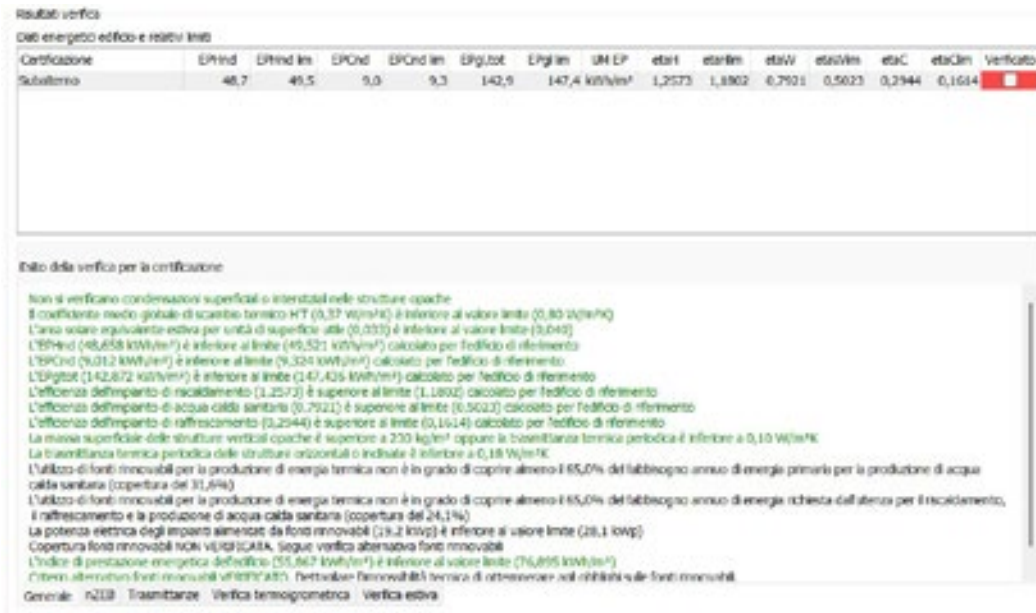


Fig. 7.42 Verifiche ex-Legge 10.

## Attestato di prestazione energetica

















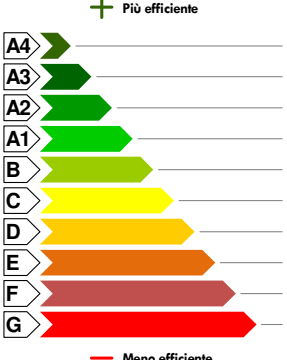





 <b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b> CODICE IDENTIFICATIVO: 072025 VALIDO FINO AL: 14/12/2035																																																										
<b>DATI GENERALI</b>																																																										
<b>Destinazione d'uso</b> <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale  Classificazione D.P.R. 412/93: E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	<b>Oggetto dell'attestato</b> <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari  Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input checked="" type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____																																																								
<b>Dati identificativi</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">           Regione : Liguria            Comune : Stella (SV)            Indirizzo : Località Rovieto Inferiore 25            Piano :            Interno :            Coordinate GIS : 0,00000 ; 0,00000         </div> <div style="width: 45%;">           Zona climatica : D            Anno di costruzione:            Superficie utile riscaldata: 1958,07 m<sup>2</sup>            Superficie utile raffrescata: 1414,93 m<sup>2</sup>            Volume lordo riscaldata: 9853,85 m<sup>3</sup>            Volume lordo raffrescata: 6025,14 m<sup>3</sup> </div> </div>																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="3">Comune catastale</td> <td colspan="6">Stella (SV)</td> <td colspan="2">Sezione</td> <td colspan="2">Foglio</td> <td colspan="2">25</td> <td colspan="2">Particella</td> <td colspan="2">725</td> </tr> <tr> <td>Subalterni</td> <td>da</td> <td>1</td> <td>a</td> <td>1</td> <td>da</td> <td></td> <td>a</td> <td></td> <td>da</td> <td>a</td> <td></td> <td>da</td> <td>a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="19">Altri subalterni</td> </tr> </table>			Comune catastale			Stella (SV)						Sezione		Foglio		25		Particella		725		Subalterni	da	1	a	1	da		a		da	a		da	a					Altri subalterni																		
Comune catastale			Stella (SV)						Sezione		Foglio		25		Particella		725																																									
Subalterni	da	1	a	1	da		a		da	a		da	a																																													
Altri subalterni																																																										
<b>Servizi energetici presenti</b> <input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale <input checked="" type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/>  Illuminazione <input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva <input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria <input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose																																																										
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO</b>																																																										
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.																																																										
<b>Prestazione energetica del fabbricato</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					<b>Prestazione energetica globale</b>  <div style="text-align: center;"> <p>+ Più efficiente</p> <p><b>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</b> <input checked="" type="checkbox"/></p> <p><b>CLASSE ENERGETICA A1</b></p> <p><b>EP<sub>gl,nren</sub> 104,81 kWh/m<sup>2</sup> anno</b></p> <p>— Meno efficiente</p> </div>	<b>Riferimenti</b> Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:  Se nuovi: <b>A1 (111,47)</b>  Se esistenti: 																																																		
INVERNO	ESTATE																																																									
																																																										
																																																										

Fig. 7.43 Attestato di Prestazione Energetica Scenario 3 (pag. 1).

### 7.2.5 Fonti rinnovabili

Allo stato di fatto nell'edificio è presente un impianto fotovoltaico, costituito da ottanta moduli in silicio policristallino con potenza di picco pari a 19,2 kWp, per una superficie captante di 133,6m<sup>2</sup>.

È presente anche un impianto solare termico, costituito da cinque moduli per una superficie captante di 15 m<sup>2</sup>.

Tuttavia, entrambi i sistemi risultano tecnologicamente obsoleti e caratterizzati da prestazioni limitate, contribuendo solo in minima parte alla copertura dei fabbisogni energetici complessivi: il primo è in grado di sopperire ad appena il 24% del fabbisogno complessivo di energia elettrica; il secondo è in grado di coprire solamente un terzo del fabbisogno di energia primaria per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria dell'edificio,

Si è pertanto deciso di simulare la sostituzione e la maggiorazione dell'impianto fotovoltaico attuale, al fine di incrementarne l'efficienza e la quota di energia rinnovabile prodotta.

Si ipotizzato anche il solo ampliamento dell'impianto solare termico, per un totale finale di dodici moduli e una superficie captante di 36 m<sup>2</sup>.

La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, in conformità con il D.lgs. 28/11 e s.m.i., che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, deve risultare:

$$P \geq k \cdot S \quad [kWp]$$

$$P \geq 0,025 \cdot 1020,16 = 25,5 \text{ kWp}$$

In cui:

- *k* vale 0,025 per gli edifici esistenti;
- *S* è la superficie in pianta dell'edificio a livello del terreno.

Si sottolinea che per gli edifici pubblici, gli obblighi percentuali sulle fonti rinnovabili per l'energia elettrica sono maggiorati del 10%.

Per la sostituzione e l'ampliamento dell'impianto fotovoltaico sono stati scelti moduli rigidi in silicio monocristallino TRINA SOLAR (modello Vertex-S+ TSM-450-NEG9R.28), con potenza unitaria pari a 415 Wp. Il campo fotovoltaico sarà sempre disposto sulla copertura piana dell'immobile per un totale di 130 pannelli, in direzione sud, con inclinazione dei moduli pari a 30°, per una superficie captante totale di 260 m<sup>2</sup> e una potenza di picco complessiva di 53,95 kWp.

La potenza complessiva dell'impianto progettato supera il valore limite ottenuto per 53,95 kWp > 25,5 kWp.

Per il dimensionamento dell'impianto e la progettazione elettrica approssimata si è svolta una simulazione tramite il software SolarEdge Designer.

Si evidenzia tuttavia il carattere prevalentemente ipotetico di questo ultimo intervento, in quanto non sono stati approfonditi tutti gli aspetti impiantistici connessi all'incremento di

capacità. In particolare, l'aumento significativo della superficie captante comporterebbe verosimilmente la necessità di adeguare o sostituire componenti esistenti, quali tubazioni, sistemi di circolazione e dispositivi di accumulo, attualmente dimensionati per una portata inferiore e potenzialmente non idonei a garantire il corretto funzionamento del sistema ampliato. Pertanto, i risultati ottenuti devono essere interpretati come una valutazione preliminare del potenziale miglioramento energetico, subordinata a successive verifiche tecniche di dettaglio.

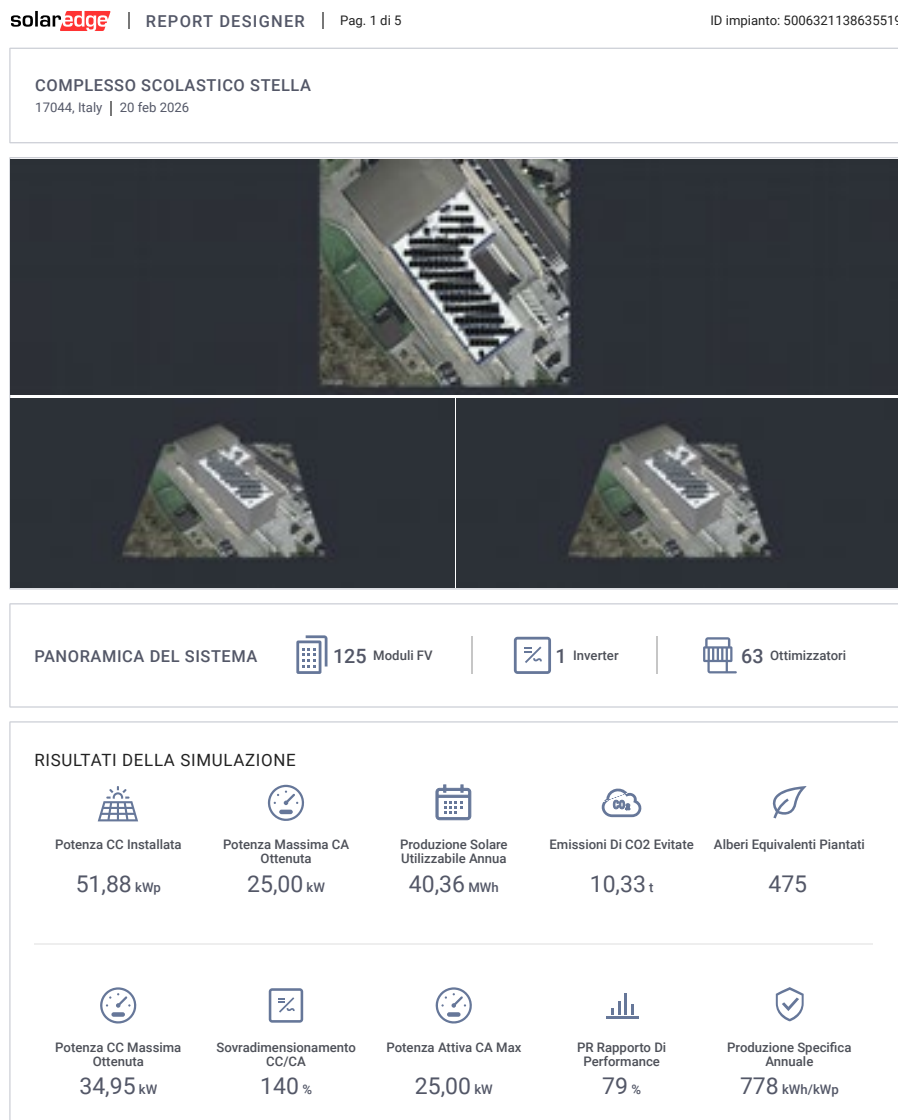
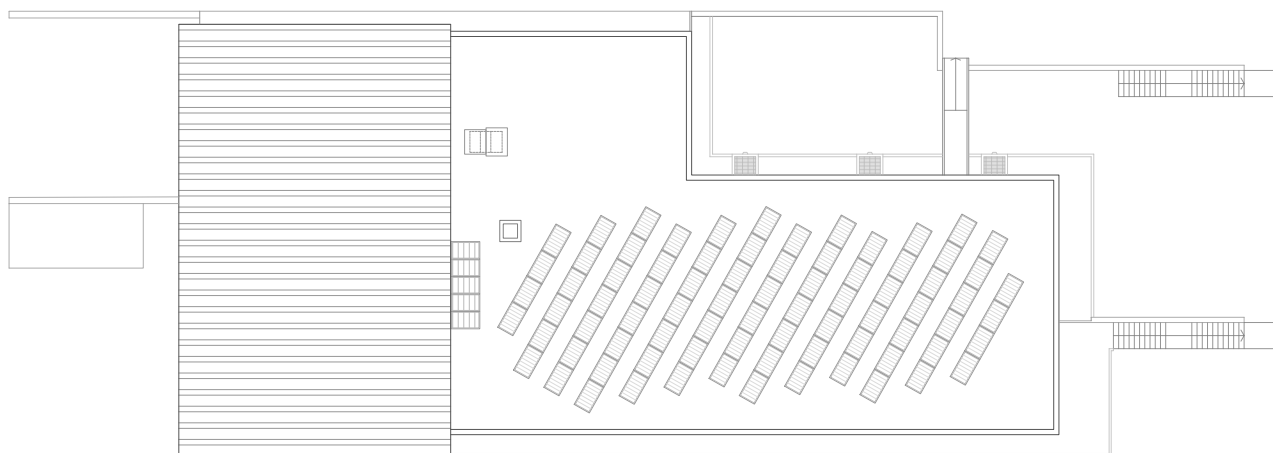


Fig. 7.44 Simulazione SolarEdge Designer.

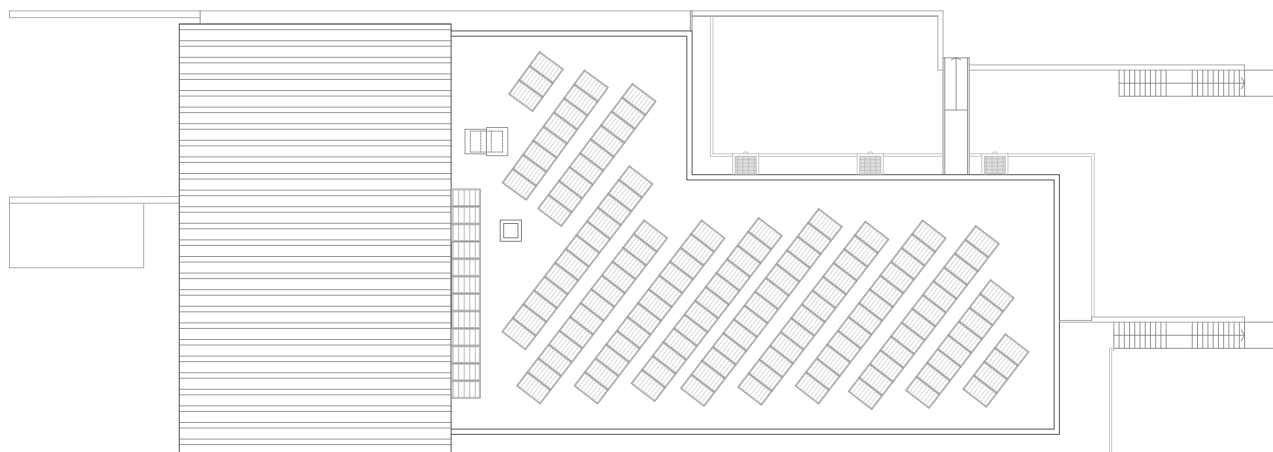
## IMPIANTO FOTOVOLTAICO

### Impianto fv e solare termico (stato di fatto)



	<b>Stato di fatto</b>	<b>Intervento</b>
Installazione	Copertura piana, 35°, Sud	Copertura piana 30°, Sud
N. pannelli	80	130
Superficie captante	133,6 m <sup>2</sup>	260 m <sup>2</sup>
Potenza di picco unitaria	0,240 kWp	0,415 kWp
Potenza di picco totale	19,2 kWp	53,95 kWp

### Impianto fv e solare termico (progetto)



### **Ipotesi di adeguamento agli obiettivi EPBD IV**

L'Unione Europea ha fissato l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050, e in questo contesto si inserisce la nuova Direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD IV), che definisce il percorso normativo e operativo necessario per trasformare il parco immobiliare europeo in un sistema altamente efficiente e privo di emissioni operative legate all'utilizzo di combustibili fossili. Tra gli strumenti principali previsti dalla direttiva vi è l'elaborazione dei Piani Nazionali di Ristrutturazione degli Edifici (National Building Renovation Plans – NBRP), attraverso i quali ciascuno Stato membro dovrà delineare un percorso di interventi per la riqualificazione del patrimonio edilizio residenziale e non residenziale, sia pubblico che privato. La prima scadenza prevista per gli Stati membri è il 31 dicembre 2025, data entro la quale dovrà essere presentata alla Commissione Europea una prima bozza del piano. Tali piani dovranno essere aggiornati con cadenza quinquennale e coordinati con i Piani Nazionali per l'Energia e il Clima (PNIEC), definendo tappe intermedie per il raggiungimento dell'obiettivo finale di un parco immobiliare completamente decarbonizzato entro il 2050.

Nel percorso di transizione energetica del settore edilizio si inserisce il passaggio dagli edifici nZEB (Nearly Zero Energy Building) agli edifici ZEB (Zero Emission Building). Attualmente, secondo la normativa vigente, tutti i nuovi edifici devono essere realizzati secondo lo standard nZEB, ovvero edifici caratterizzati da un fabbisogno energetico molto basso coperto in larga parte da fonti rinnovabili. La nuova direttiva introduce tuttavia un requisito più stringente con il concetto di edificio ZEB, definito come “un edificio ad altissima prestazione energetica, con un fabbisogno di energia pari a zero o molto basso e con emissioni operative di gas serra nulle o estremamente ridotte”. Un aspetto fondamentale di questa definizione è l'assenza di emissioni di carbonio in loco derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili, il che implica la progressiva eliminazione di sistemi di generazione energetica basati su gas o altri combustibili fossili all'interno degli edifici. Rimane comunque possibile il prelievo di energia dalla rete elettrica, anche qualora il mix energetico nazionale includa fonti fossili, purché non sia tecnicamente o economicamente fattibile ricorrere esclusivamente a fonti prive di carbonio. Inoltre, la direttiva stabilisce che la soglia massima di domanda di energia primaria per un edificio ZEB dovrà essere almeno del 10% inferiore rispetto alla soglia prevista per gli edifici nZEB, aumentando ulteriormente il livello di prestazione energetica richiesto.

Gli Stati membri dovranno pertanto definire una traiettoria di ristrutturazione con obiettivi intermedi almeno per il 2030, 2035 e 2040. Nel caso degli edifici non residenziali, gli obiettivi sono definiti in termini di quota di edifici da riqualificare: entro il 2030 dovrà essere ristrutturato il 16% degli edifici con le prestazioni energetiche peggiori, mentre entro il 2033 la quota dovrà raggiungere il 26%. Queste percentuali fanno riferimento alla stessa classificazione iniziale del parco edilizio, il che implica che, una volta riqualificata la quota del 16% entro il 2030, nel periodo successivo dovrà essere ristrutturato il successivo 10% degli edifici con le prestazioni più basse.

Alla luce di questo quadro normativo e degli obiettivi europei di decarbonizzazione, è possibile ipotizzare uno scenario ideale volto ad avvicinare l'edificio oggetto di studio ai requisiti di un edificio a zero emissioni. In particolare, uno degli aspetti principali riguarda

l'eliminazione delle emissioni locali derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili. Nel caso analizzato, ciò potrebbe essere ottenuto attraverso la sostituzione delle quattro caldaie a condensazione attualmente presenti con tre pompe di calore elettriche, consentendo l'eliminazione completa del consumo di GPL e la trasformazione del fabbisogno energetico dell'edificio in un fabbisogno esclusivamente elettrico. In questo scenario, le emissioni operative dell'edificio si ridurrebbero fino a circa  $2,32 \text{ kg/m}^2$  anno, avvicinandosi significativamente agli obiettivi di neutralità climatica. Tuttavia, il passaggio a un sistema completamente elettrico comporterebbe un aumento del fabbisogno di energia elettrica, rendendo necessario un significativo incremento della produzione da fonti rinnovabili in sito. Per soddisfare le quote di energia rinnovabile richieste e coprire il nuovo fabbisogno energetico dell'edificio, l'impianto fotovoltaico esistente, che allo Scenario 4 conta 130 moduli, dovrebbe essere ampliato di circa il 384%, raggiungendo un totale di circa 500 moduli installati. Questo tipo di intervento rappresenta quindi uno scenario teorico di riferimento per valutare le strategie necessarie a ridurre le emissioni operative e ad avvicinare l'edificio agli standard previsti per gli edifici a zero emissioni nel contesto degli obiettivi europei al 2050.



Fig. 7.45 Simulazione copertura rinnovabili.

### 7.2.6 Valutazione dei risultati “Scenario 4”

L'ultimo scenario di riqualificazione energetica ha previsto la sostituzione e l'ampliamento dell'impianto fotovoltaico esistente, unitamente all'estensione dell'impianto solare termico, con l'obiettivo di incrementare la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e ridurre ulteriormente la dipendenza dell'edificio da energia primaria non rinnovabile. Il confronto è stato condotto mantenendo invariati gli interventi precedentemente introdotti sull'involucro edilizio e sui sistemi impiantistici di VMC e illuminazione, così da attribuire le variazioni riscontrate esclusivamente al potenziamento dei sistemi di produzione energetica da fonte rinnovabile.

L'analisi evidenzia un incremento significativo della produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, che consente di coprire una quota maggiore dei fabbisogni elettrici associati ai diversi servizi dell'edificio, in particolare illuminazione e ventilazione meccanica controllata, caratterizzati da un'elevata incidenza sui consumi complessivi. Analogamente, l'ampliamento dell'impianto solare termico contribuisce a incrementare la copertura del fabbisogno di energia termica mediante fonte rinnovabile, riducendo il ricorso a fonti convenzionali.

Fabbisogno acqua calda sanitaria (da certificazione) [kWh]					
Mese	QW	QW <sub>ign,out</sub>	Q <sub>ren,W</sub>	Q <sub>ren,W</sub>	Q <sub>tot,W</sub>
Gennaio	1.953,8	2.231,6	2.363,9	279,0	2.442,9
Febbraio	1.764,8	2.013,4	1.688,9	459,6	2.148,6
Marzo	1.953,8	2.226,8	1.658,8	711,7	2.370,5
Aprile	1.890,8	2.150,0	1.524,0	841,9	2.365,8
Maggio	1.953,8	2.214,8	1.556,9	931,7	2.492,5
Giugno	1.890,8	2.137,0	1.423,6	1.005,0	2.428,6
Luglio	1.953,8	2.206,5	1.336,4	1.169,2	2.505,6
Agosto	1.953,8	2.206,5	1.418,4	1.092,2	2.510,6
Settembre	1.890,8	2.139,5	1.421,3	989,3	2.411,6
Ottobre	1.953,8	2.218,3	1.647,2	854,0	2.501,2
Novembre	1.890,8	2.155,2	1.797,2	499,1	2.296,4
Dicembre	1.953,8	2.239,3	2.222,3	345,2	2.567,6
<b>Totale</b>	<b>23.004,9</b>	<b>26.138,8</b>	<b>19.802,8</b>	<b>9.178,9</b>	<b>29.041,8</b>

Fabbisogno acqua calda sanitaria (da certificazione) [kWh]					
Mese	QW	QW <sub>ign,out</sub>	Q <sub>ren,W</sub>	Q <sub>ren,W</sub>	Q <sub>tot,W</sub>
Gennaio	1.953,8	2.231,6	1.946,9	462,2	2.409,2
Febbraio	1.764,8	2.013,4	1.290,9	809,7	2.100,6
Marzo	1.953,8	2.226,8	1.054,4	1.248,7	2.303,1
Aprile	1.890,8	2.150,0	802,5	1.459,3	2.251,9
Maggio	1.953,8	2.214,8	743,8	1.632,3	2.386,3
Giugno	1.890,8	2.137,0	621,3	1.725,2	2.346,5
Luglio	1.953,8	2.206,5	446,5	1.967,9	2.414,5
Agosto	1.953,8	2.206,5	571,9	1.861,1	2.433,0
Settembre	1.890,8	2.139,5	658,0	1.701,3	2.392,3
Ottobre	1.953,8	2.218,3	907,0	1.487,0	2.394,8
Novembre	1.890,8	2.155,2	1.360,9	879,8	2.240,7
Dicembre	1.953,8	2.239,3	1.929,6	592,3	2.521,9
<b>Totale</b>	<b>23.004,9</b>	<b>26.138,8</b>	<b>12.282,8</b>	<b>15.856,9</b>	<b>28.099,7</b>

Fig. 7.45 Confronto consumi acs Scenario 3 e 4.

Energia elettrica prodotta dalla certificazione [kWh]					
Mese	Qel,nd	Qel,prod	Qel,used	Qel,del	Qel,exp
Gennaio	7.977,9	1.017,1	1.017,1	6.960,8	0,0
Febbraio	5.668,9	1.296,6	1.296,6	4.371,5	0,0
Marzo	6.033,1	1.836,8	1.836,8	4.196,3	0,0
Aprile	5.959,6	2.054,0	2.054,0	3.905,6	0,0
Maggio	6.478,3	2.221,3	2.221,3	4.257,0	0,0
Giugno	10.207,3	2.360,8	2.360,8	7.846,5	0,0
Luglio	10.855,1	2.713,7	2.713,7	8.141,5	0,0
Agosto	11.479,6	2.490,0	2.490,0	8.989,7	0,0
Settembre	6.762,3	2.233,5	2.233,5	4.528,8	0,0
Ottobre	6.297,3	1.992,5	1.992,5	4.304,8	0,0
Novembre	6.018,6	1.368,7	1.368,7	4.649,9	0,0
Dicembre	9.101,2	1.194,7	1.194,7	7.906,5	0,0
<b>Totale</b>	<b>92.788,4</b>	<b>22.779,6</b>	<b>22.779,6</b>	<b>70.008,8</b>	<b>0,0</b>

Riscaldamento (involucro) Riscaldamento ACS Raffrescamento (involucro) Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporto Energia elettrica prodotta

Energia elettrica prodotta dalla certificazione [kWh]					
Mese	Qel,nd	Qel,prod	Qel,used	Qel,del	Qel,exp
Gennaio	7.976,8	2.723,0	2.723,0	5.253,8	0,0
Febbraio	3.679,8	3.522,9	3.522,9	2.147,8	0,0
Marzo	6.029,0	5.100,7	5.100,7	928,3	0,0
Aprile	5.664,6	5.822,0	5.822,0	132,6	0,0
Maggio	6.471,9	6.287,0	6.287,0	84,9	0,0
Giugno	19.265,6	6.829,4	6.829,4	3.372,2	0,0
Luglio	19.848,5	7.833,2	7.833,2	3.615,4	0,0
Agosto	11.422,3	7.102,1	7.102,1	4.320,2	0,0
Settembre	6.754,5	6.244,4	6.244,4	519,1	0,0
Ottobre	6.292,0	5.437,8	5.437,8	854,2	0,0
Novembre	6.015,6	3.669,6	3.669,6	2.346,0	0,0
Dicembre	9.101,2	3.173,1	3.173,1	5.928,2	0,0
<b>Totale</b>	<b>92.726,7</b>	<b>63.845,1</b>	<b>63.845,1</b>	<b>28.893,7</b>	<b>0,0</b>

Riscaldamento (involucro) Riscaldamento ACS Raffrescamento (involucro) Raffrescamento Ventilazione Illuminazione Trasporto Energia elettrica prodotta

Fig. 7.46 Confronto energia elettrica prodotta Scenario 3 e 4.

L'aumento della produzione energetica da fonti rinnovabili determina un miglioramento significativo degli indicatori di prestazione energetica globale dell'edificio: in particolare, l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nren}$  si riduce da 104,8 a 60,7 kWh/m<sup>2</sup>anno. Tale miglioramento si riflette direttamente sulla classificazione energetica dell'edificio, che passa dalla classe A1 alla classe A3, confermando l'efficacia degli interventi di potenziamento dei sistemi di produzione da fonte rinnovabile nel migliorare la sostenibilità energetica complessiva. Le emissioni di CO<sub>2</sub> si attestano a 13,7 kg/m<sup>2</sup>. Questo risultato evidenzia come, a fronte di fabbisogni energetici ormai ottimizzati grazie agli interventi precedenti, il potenziamento delle fonti rinnovabili rappresenti un fattore determinante per il raggiungimento di livelli prestazionali elevati, consentendo di ridurre in modo significativo l'energia primaria non rinnovabile richiesta e migliorando l'equilibrio complessivo del sistema edificio-impianto.

Al fine di valutare l'efficacia complessiva degli interventi di riqualificazione energetica, è stato effettuato un confronto diretto tra lo stato di fatto e lo scenario finale di progetto, considerando gli indici di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile relativi ai principali servizi dell'edificio, ovvero climatizzazione invernale, raffrescamento estivo, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione meccanica e illuminazione.

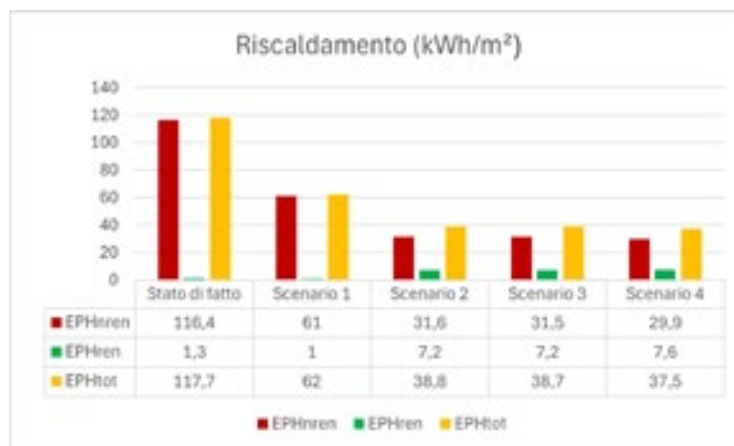


Fig. 7.46 Confronto fabbisogni e. primaria riscaldamento.

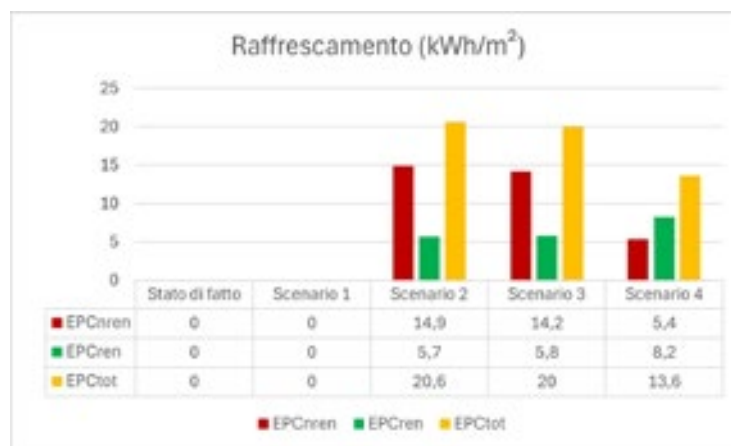


Fig. 7.47 Confronto fabbisogni e. primaria raffrescamento.

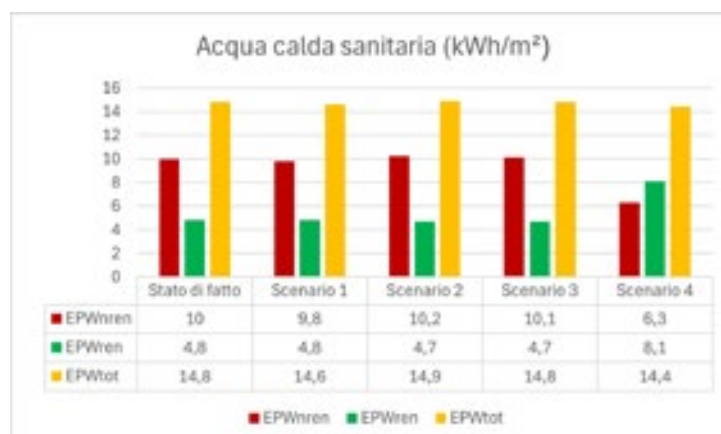


Fig. 7.48 Confronto fabbisogni e. primaria produzione acs.

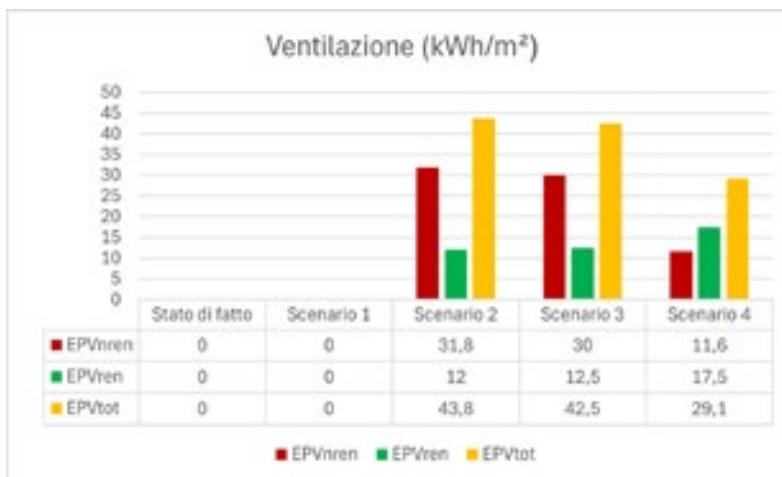


Fig. 7.49 Confronto fabbisogni e. primaria ventilazione.

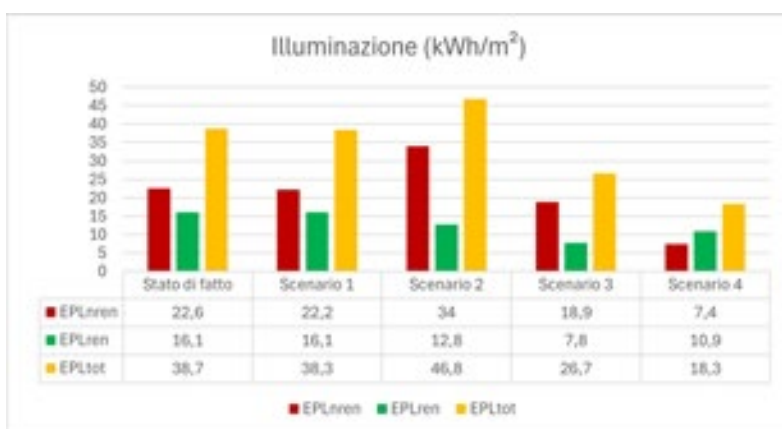


Fig. 7.50 Confronto fabbisogni e. primaria illuminazione.

L'analisi evidenzia una progressiva riduzione degli indici di prestazione energetica non rinnovabile per tutti i servizi considerati, conseguente sia al miglioramento delle prestazioni passive dell'involucro edilizio, sia all'efficientamento dei sistemi impiantistici, sia all'incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili. In particolare:

- i fabbisogni di energia primaria non rinnovabile associati al servizio di climatizzazione invernale risultano sensibilmente inferiori rispetto alla configurazione iniziale, con una diminuzione percentuale del 75%. La quota di energia primaria proveniente da fonti rinnovabili sale dall'1% al 25% del fabbisogno complessivo;
- i fabbisogni di energia primaria non rinnovabile associati al servizio di climatizzazione estiva, da quando viene introdotto il servizio nello Scenario 2, sono stati notevolmente ridimensionati, con una diminuzione percentuale del 64%. La quota rinnovabile sale dal 29% al 60% del fabbisogno di energia primaria complessiva;
- per la produzione di acqua calda sanitaria si evidenziano risultati sostanzialmente omogenei sino allo scenario finale. Con l'ampliamento dell'impianto solare termico l'energia primaria non rinnovabile si riduce del 40%, mentre la quota di energia rinnovabile risulta pressochè raddoppiata;

- anche il servizio di ventilazione meccanica, introdotto allo Scenario 2, mantiene risultati omogenei, sino all'intervento di sostituzione ed ampliamento dell'impianto fotovoltaico. L'efficientamento del fotovoltaico apporta una diminuzione del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del 64% e un aumento della quota rinnovabile del 45%;
- per il servizio di illuminazione assistiamo a un aumento del fabbisogno complessivo in seguito all'introduzione della ventilazione meccanica controllata, responsabile di significativi consumi elettrici. L'intervento di *relamping* ha consentito una diminuzione del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del 45%, mentre con l'efficientamento del fotovoltaico si raggiunge una diminuzione complessiva dell'80% dallo Scenario 2. Nella configurazione finale la copertura rinnovabile sopperisce al 60% del fabbisogno del servizio.

È opportuno evidenziare che, nonostante il significativo incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili ottenuto mediante l'ampliamento degli impianti fotovoltaico e solare termico, non risulta possibile soddisfare il requisito della copertura del 65% del fabbisogno energetico da fonti rinnovabili per i servizi di produzione di acqua calda sanitaria e per l'insieme dei servizi di acqua calda sanitaria, climatizzazione invernale e raffrescamento estivo.

L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno il 65,0% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 56,3%)  
L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno il 65,0% del fabbisogno annuo di energia richiesta dall'utente per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 36,5%)

Fig. 7.51 Verifica utilizzo di fonti rinnovabili.

Tale limite non è riconducibile a scelte progettuali o a un sottodimensionamento degli impianti, bensì a vincoli di natura fisica e geometrica legati alla superficie disponibile in copertura.

In particolare, l'ulteriore ampliamento degli impianti risulta impraticabile a causa della presenza di zone soggette a ombreggiamento, che comprometterebbero l'efficienza dei moduli installati, riducendone in modo significativo la produttività energetica. Inoltre, per garantire il corretto funzionamento dei sistemi e massimizzare la resa energetica, è necessario mantenere una distanza minima tra le file dei moduli fotovoltaici e dei collettori solari termici, al fine di evitare fenomeni di auto-ombreggiamento tra le diverse file, specialmente nei periodi invernali caratterizzati da una minore altezza solare.

La superficie effettivamente utilizzabile risulta pertanto inferiore alla superficie geometrica complessiva della copertura, determinando un limite oggettivo alla potenza installabile e, conseguentemente, alla quota di fabbisogno energetico coperta da fonti rinnovabili. Alla luce di tali vincoli, la configurazione impiantistica adottata rappresenta la soluzione tecnicamente compatibile con le caratteristiche morfologiche e di esposizione dell'edificio, consentendo di massimizzare il contributo delle fonti rinnovabili senza compromettere l'efficienza complessiva del sistema.

Giustificando tale impossibilità tecnica di ampliare ulteriormente gli impianti risulta soddisfatta la verifica alternativa alle fonti rinnovabili e, di conseguenza, la verifica alternativa nZEB.

Risultati

Risultati di calcolo

Dati energetico edificio

Certificazione	EP <sub>tot,ann</sub>	EP <sub>tot,ann</sub>	EP <sub>C,ann</sub>	EP <sub>H,ann</sub>	EP <sub>tot,ann</sub>	EP <sub>tot,ann</sub>	EP <sub>tot,ann</sub>	UE EP	etaH	etaW	etaC	CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	Classe
Substerno	29,9	6,3	5,4	11,6	7,4	0,0	66,7 kWh/m <sup>2</sup>	1,2977	0,8187	0,4317	13,76	A3	

Fabbisogno riscaldamento con ventilazione di riferimento della certificazione (kWh)

Mese	Q <sub>H</sub>	Q <sub>H,ve</sub>	Q <sub>H,te</sub>	Q <sub>H,le</sub>	Q <sub>H,op</sub>	Q <sub>H</sub>	Q <sub>H,cal</sub>	Q <sub>H,cal,op</sub>	Q <sub>H,nd</sub>
Gennaio	10.463,2	21.621,4	6.965,0	0,0	0,0	0,0	3.767,9	317,8	26.479,3
Febbraio	8.016,1	17.983,3	6.236,8	0,0	0,0	0,0	4.632,7	428,5	14.529,3
Marzo	7.562,3	16.405,0	6.965,0	0,0	0,0	0,0	6.297,5	671,1	18.224,6
Aprile	2.507,6	5.822,4	3.241,1	0,0	0,0	0,0	3.271,6	291,6	2.461,7
Novembre	7.503,3	15.457,5	6.291,2	0,0	0,0	0,0	4.833,1	384,3	12.078,0
Dicembre	14.720,9	30.262,6	6.965,0	0,0	0,0	0,0	4.599,7	300,3	35.521,0
<b>Totale</b>	<b>50.903,4</b>	<b>106.608,1</b>	<b>36.584,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>27.312,6</b>	<b>2.551,5</b>	<b>95.283,9</b>

Riscaldamento (involucro) Riscaldamento ACS Raffrescamento (involucro) Raffrescamento ventilazione Illuminazione Trasporto Energia elettrica prodotta

Fig. 7.52 Risultati di calcolo.

Verifiche di legge

Risultati verifica

Dati energetico edificio e relativi limiti

Certificazione	EP <sub>tot</sub>	EP <sub>tot,lim</sub>	EP <sub>C,lim</sub>	EP <sub>H,lim</sub>	EP <sub>tot,lim</sub>	EP <sub>tot,lim</sub>	UE EP	etaH	etaH,lim	etaW	etaW,lim	etaC	etaC,lim	Indicatore
Substerno	48,7	49,5	9,0	9,3	113,0	146,3 kWh/m <sup>2</sup>	1,2977	1,1947	0,8187	0,4305	6,4317	0,1818	0,1818	OK

Dati della verifica per la certificazione

Non si verificano condensatori superficiali o interstiziali nelle strutture opache  
 Il coefficiente medio globale di scambio termico nT (0,37 W/m<sup>2</sup>K) è inferiore al valore limite (0,60 W/m<sup>2</sup>K)  
 L'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile (0,422) è inferiore al valore limite (0,540)  
 L'EP<sub>tot</sub> (48,662 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (49,526 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'EP<sub>C,nd</sub> (0,000 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (0,322 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'EP<sub>H,nd</sub> (11,345 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (146,329 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di riscaldamento (1,2977) è superiore al limite (1,1947) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di acqua calda sanitaria (0,8187) è superiore al limite (0,4305) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di raffrescamento (0,4317) è superiore al limite (0,1818) calcolato per l'edificio di riferimento  
 La massa superficiale delle strutture verticali opache è superiore a 230 kg/m<sup>2</sup> oppure la trasmissione termica periodica è inferiore a 0,13 W/m<sup>2</sup>K  
 La trasmissione termica periodica delle strutture orizzontali esterne è inferiore a 0,18 W/m<sup>2</sup>K  
 L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno l'65,0% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 56,7%)  
 L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno l'65,0% del fabbisogno annuo di energia richiesta dall'utente per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 36,1%)  
 La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (54,0 kWp) è superiore al valore limite (28,3 kWp)  
 Copertura fonti rinnovabili NON VERIFICATA. Segue verifica alternativa fonti rinnovabili  
 L'indice di prestazione energetica dell'edificio (41,571 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al valore limite (78,886 kWh/m<sup>2</sup>)  
 Criterio alternativo fonti rinnovabili VERIFICATO. Dettaglio impossibile tecnica di integrazione ad alta efficienza delle fonti rinnovabili  
 Generale: n218 - Trasmissione - Verifica termologica - Verifica estiva

Fig. 7.53 Verifiche ex-Legge 10.

Edificio ad energia quasi zero

Il coefficiente medio globale di scambio termico nT (0,37 W/m<sup>2</sup>K) è inferiore al valore limite (0,60 W/m<sup>2</sup>K)  
 L'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile (0,422) è inferiore al valore limite (0,540)  
 L'EP<sub>tot</sub> (48,662 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (49,526 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'EP<sub>C,nd</sub> (0,000 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (0,322 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'EP<sub>H,nd</sub> (11,345 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al limite (146,329 kWh/m<sup>2</sup>) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di riscaldamento (1,2977) è superiore al limite (1,1947) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di acqua calda sanitaria (0,8187) è superiore al limite (0,4305) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'efficienza dell'impianto di raffrescamento (0,4317) è superiore al limite (0,1818) calcolato per l'edificio di riferimento  
 L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno l'65,0% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 56,7%)  
 L'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica non è in grado di coprire almeno l'65,0% del fabbisogno annuo di energia richiesta dall'utente per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria (copertura del 36,1%)  
 La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (54,0 kWp) è superiore al valore limite (28,3 kWp)  
 Copertura fonti rinnovabili NON VERIFICATA. Segue verifica alternativa fonti rinnovabili  
 L'indice di prestazione energetica dell'edificio (41,571 kWh/m<sup>2</sup>) è inferiore al valore limite (78,886 kWh/m<sup>2</sup>)  
 Criterio alternativo fonti rinnovabili VERIFICATO. Dettaglio impossibile tecnica di integrazione ad alta efficienza delle fonti rinnovabili  
 L'edificio è ad energia quasi zero (nZEB)

Generale: n218 - Trasmissione - Verifica termologica - Verifica estiva

Fig. 7.54 Verifiche nZEB.

## Attestato di prestazione energetica

















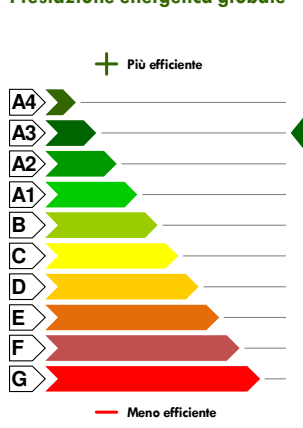
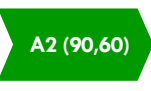
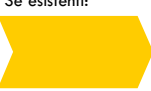




 <b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b> CODICE IDENTIFICATIVO: 072025 VALIDO FINO AL: 14/12/2035																																
<b>DATI GENERALI</b>																																
<b>Destinazione d'uso</b> <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale  Classificazione D.P.R. 412/93: E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	<b>Oggetto dell'attestato</b> <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari  Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input checked="" type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualficazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____																														
<b>Dati identificativi</b>																																
Regione : Liguria Comune : Stella (SV) Indirizzo : Località Rovieto Inferiore 25 Piano : Interno : Coordinate GIS : 0,00000 ; 0,00000		Zona climatica : D Anno di costruzione: Superficie utile riscaldata: 1958,07 m <sup>2</sup> Superficie utile raffrescata: 1414,93 m <sup>2</sup> Volume lordo riscaldato: 9862,89 m <sup>3</sup> Volume lordo raffrescato: 6034,25 m <sup>3</sup>																														
<table border="1"> <tr> <td>Comune catastale</td> <td colspan="4">Stella (SV)</td> <td>Sezione</td> <td>Foglio</td> <td>25</td> <td>Particella</td> <td>725</td> </tr> <tr> <td>Subalterni</td> <td>da</td> <td>1</td> <td>a</td> <td>1</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altri subalterni</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Comune catastale	Stella (SV)				Sezione	Foglio	25	Particella	725	Subalterni	da	1	a	1	da	a	da	a		Altri subalterni									
Comune catastale	Stella (SV)				Sezione	Foglio	25	Particella	725																							
Subalterni	da	1	a	1	da	a	da	a																								
Altri subalterni																																
<b>Servizi energetici presenti</b>																																
<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale <input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria	<input checked="" type="checkbox"/>  Illuminazione <input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose																														
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO</b>																																
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.																																
<b>Prestazione energetica del fabbricato</b> <table border="1"> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					<b>Prestazione energetica globale</b>  <p>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO <input checked="" type="checkbox"/></p> <p><b>CLASSE ENERGETICA A3</b></p> <p>EP<sub>gI,nren</sub> <b>60,66</b> kWh/m<sup>2</sup> anno</p>	<b>Riferimenti</b> Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:  Se nuovi:  <b>A2 (90,60)</b>  Se esistenti: 																								
INVERNO	ESTATE																															
																																
																																

Fig. 7.55 Attestato di Prestazione Energetica Scenario 4 (pag. 1).

### 7.3 Analisi economica

A seguito della definizione degli interventi di riqualificazione energetica previsti nei diversi scenari progettuali, è stata condotta un'analisi economica finalizzata a valutare la sostenibilità economica degli interventi proposti.

In particolare, è stata effettuata una stima dei costi di investimento, suddividendo la spesa complessiva per categorie di intervento, al fine di individuare il peso economico delle singole soluzioni adottate e verificare la possibilità di accesso ai meccanismi di incentivazione previsti dalla normativa vigente.

La valutazione economica è stata sviluppata facendo riferimento al Prezzario della Regione Liguria, assumendo come base i costi unitari delle lavorazioni comprensivi di fornitura e posa in opera. Nella stima sono stati inoltre considerati tutti i componenti e le lavorazioni accessorie necessarie alla corretta realizzazione degli interventi, quali realizzazione del cantiere, manodopera, materiali complementari e di consumo (tra cui collanti, tasselli, strati di rasatura e finitura...), nonché gli ulteriori oneri funzionali alla messa in opera a regola d'arte.

Nei casi in cui sono stati previsti materiali ad alte prestazioni energetiche, caratterizzati da costi superiori rispetto a quelli standard riportati nel prezzario, sono state applicate opportune maggiorazioni, al fine di ottenere una stima più realistica e coerente con le soluzioni tecnologiche effettivamente ipotizzate.

Si riportano di seguito i risultati prodotti:

<b>CATEGORIE</b>	<b>IMPORTO</b>
Elementi opachi verticali	141.018 €
Elementi opachi orizzontali	255.580,00 €
Serramenti	251.796 €
Impianto VMC	162.000 €
Impianto illuminazione	25.000 €
BACS	70.000 €
Impianto FV	64.000 €
Impianto solare termico	12.000 €
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>	<b>981.394 €</b>

Fig. 7.54 Totale complessivo.

N	Categoria di lavorazione	Descrizione	UM	Quantità	Prezzo	Totale
1	Facciata	Sistema di isolamento termico a cappotto mediante pannelli di lana di roccia densità 110kg/m <sup>3</sup> (8 cm) su parete esterna verticale, completo di manodopera, collante o tasselli, rasatura armata e finitura.	m <sup>2</sup>	576,6	160€/m <sup>2</sup>	92.320 €
2	Pareti interne su locali non riscaldati	Isolamento termico su parete interna verso locale non riscaldato mediante pannelli di lana di roccia densità 110kg/m <sup>3</sup> (8 cm), compresa manodopera, collante o tasselli, rasatura e finitura interna.	m <sup>2</sup>	86,2	140€/m <sup>2</sup>	12.068 €
3	Pareti interne su locali non riscaldati	Isolamento termico su parete interna verso locale non riscaldato mediante pannelli di lana di roccia densità 110kg/m <sup>3</sup> (5 cm), compresa manodopera, collante o tasselli, rasatura e finitura interna.	m <sup>2</sup>	113	115€/m <sup>2</sup>	12.995 €
4	Pareti interne su locali non riscaldati	Isolamento termico su parete interna verso locale non riscaldato mediante pannelli rigidi in poliisocianurato (PIR) tipo Stiferite GT o equivalente (6cm), compresa manodopera, collante o tasselli, rasatura e finitura.	m <sup>2</sup>	162,7	145€/m <sup>2</sup>	23.635,00 €
5	Basamento	Isolamento termico di solaio controterra mediante pannelli rigidi in poliisocianurato(PIR) tipo Stiferite GT o equivalenti (10cm), compresa manodopera, collante o tasselli, massetto e pavimentazione.	m <sup>2</sup>	551,5	135€/m <sup>2</sup>	74.520,00 €
6	Solaio interno	Isolamento termico all'intradosso di solaio mediante pannelli isolanti di lana di roccia densità 110kg/m <sup>3</sup> (14 cm) compresa manodopera, collante o tasselli, rasatura e finitura.	m <sup>2</sup>	10,7	165€/m <sup>2</sup>	1.815,00 €
7	Solaio interno	Isolamento termico all'intradosso di solaio mediante pannelli rigidi in poliisocianuralato (PIR) tipo Stiferite GT o equivalenti (10 cm) compresa manodopera, collante o tasselli, rasatura e finitura.	m <sup>2</sup>	43,9	165€/m <sup>2</sup>	7.260,00 €
8	Copertura	Isolamento termico di solaio verso esterno mediante posa di pannelli isolanti di lana di roccia densità 110kg/m <sup>3</sup> (14 cm) compresa manodopera, collante o tasselli, rasatura e finitura.	m <sup>2</sup>	12,7	165€/m <sup>2</sup>	2.145,00 €
9	Copertura	Rifacimento copertura in legno su travi e tavolato esistenti: fornitura e posa di freno a vapore, doppio strato di pannelli isolanti in fibra di legno densità 110 kg/m <sup>3</sup> (8+8cm), membrana impermeabile traspirante, realizzazione camera di ventilazione con listelli in legno, tavolato (2,5 cm), stuoia drenante per coperture metalliche e posa finitura lamiera zinco-titanio con doppia aggraffatura. Comprensivo di manodopera, fissaggi, collanti e finiture necessarie.	m <sup>2</sup>	386	440€/m <sup>2</sup>	169.840 €
10	Serramenti	Sostituzione dei serramenti esistenti (finestre e portefinestre): rimozione, smontaggio e conferimento in cantiere dei vecchi serramenti, fornitura e posa dei nuovi serramenti (apertura vasistas con braccio di Newton) con telaio in PVC, taglio termico, doppio vetro stratificato con camera Argon e trattamento selettivo. Comprensivo di manodopera, fissaggi, collanti e finiture necessarie.	m <sup>2</sup>	357,5	640€/m <sup>2</sup>	229.120 €
11	Serramenti	Coibentazione dei vani serramento (spallette, architrave e davanzale) con pannelli EPS (3cm) e rivestimento in cartongesso.	m <sup>2</sup>	216,8	105€/m <sup>2</sup>	22.676 €
<b>Totale</b>						
						648.394 €

Fig. 7.55 Interventi sull'involucro.

N	Categoria di lavorazione	Descrizione	Totale
1	Impianto VMC	Fornitura e installazione sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC) centralizzata con recupero di calore, comprensiva di unità di trattamento aria (UTA), canalizzazioni di mandata e ripresa complete di isolamento, plenum di distribuzione, terminali di diffusione, collegamenti a pompe di calore, staffaggi, accessori di regolazione, collegamenti elettrici e ogni altro onere necessario per dare l'impianto completo e funzionante a regola d'arte.	112.000 €
2	Pompe di calore	Fornitura e installazione di tre generatori pompe di calore per il servizio di ventilazione meccanica controllata	50.000 €
3	Impianto illuminazione	Sostituzione dell'impianto di illuminazione, compreso smontaggio dei corpi illuminanti esistenti, fornitura e posa dei nuovi moduli, le strutture di supporto, i cablaggi, la manodopera.	25.000 €
4	Building Automation	Fornitura e installazione di sistemi di automazione per ventilazione e illuminazione	70.000 €
5	Impianto fotovoltaico	Sostituzione e ampliamento dell'impianto fotovoltaico, compreso smontaggio del precedente impianto e installazione del nuovo, fornitura e posa dei moduli, le strutture di supporto, gli inverter, i cablaggi, i quadri elettrici, la manodopera e tutti gli oneri accessori necessari alla realizzazione a regola d'arte, inclusi i costi di sicurezza e trasporto.	64.000 €
6	Impianto solare termico	Ampliamento dell'impianto solare termico, compresa la fornitura e posa dei collettori, le strutture di supporto, i collegamenti idraulici, i materiali accessori, la manodopera e gli oneri necessari alla corretta installazione e messa in esercizio del sistema.	12.000 €
<b>Totale</b>			<b>333.000 €</b>

Fig. 7.56 Interventi sugli impianti.

### 7.3.1 Valutazione del periodo di ritorno dell'investimento

Si procede con il calcolo semplificato del tempo di ritorno lordo dell'investimento, che si determina come il rapporto tra il costo totale iniziale dell'operazione ed il risparmio annuo conseguibile.

In dettaglio il tempo di ritorno semplice o *"payback time"* ( $T_R$ ) definisce, in modo semplificato, la redditività dell'investimento, ovvero quantifica il numero di anni necessari per recuperare il capitale inizialmente investito ed è calcolato come il rapporto tra l'importo dell'investimento ( $I_0$ ) e il flusso di cassa previsto (FC).

$$TR = \frac{I_0}{FC}$$

Come flusso di cassa si considera il risparmio economico conseguito grazie all'intervento, calcolato come la differenza tra la somma dei costi per i consumi di GPL ed elettrico nello stato di fatto e nello Scenario 4.

Il costo totale per le opere edili è risultato pari a 648.394 €, mentre il costo totale per gli interventi sugli impianti è risultato pari a 333.000 €, per un investimento complessivo  $I_0$  di 981.394 €.

L'edificio, avente una superficie utile pari a 1.958 m<sup>2</sup>, nello stato di fatto è responsabile del consumo annuale di 229.504 kWh di GPL e di 26.215 kWh di energia elettrica consegnata dalla rete; nella configurazione finale dello Scenario 4, invece, risulta consumare annualmente 59.274 kWh di GPL e 28.893 kWh di energia elettrica dalla rete.

Per la quantificazione del risparmio si sono applicati i seguenti costi unitari:

- GPL: si è preso a riferimento il costo medio unitario al L registrato a gennaio 2026 dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, pari a circa 1,30 €/L, comprensivo di costo combustibile, accise ed IVA, oneri di sistema. Si può considerare equivalente a circa 0,17 €/kWh;
- Energia elettrica: si è preso a riferimento la relazione annuale di Arera relativa alla fine del 2024, con il costo medio unitario del kWh pari a 0,33€/kWh.

$$FC = [(229.504 \cdot 0,17) + (26.215 \cdot 0,33)] - [(59.274 \cdot 0,17) + (28.893 \cdot 0,33)] = 28.059 \text{ €/anno}$$

Il tempo di ritorno semplice dell'investimento, calcolato come rapporto tra il costo complessivo dell'intervento pari a 989.662 € e il risparmio economico annuo stimato, risulta quindi pari a:

$$Tr = \frac{981.394\text{€}}{28.059\text{€}} \text{ anno} \cong 34 \text{ anni}$$

Il periodo di ritorno dell'investimento risulta dunque di 34 anni, che rientra nella durata dell'investimento, assunta pari a 40 anni, e pertanto, seppur di poco, risulta soddisfacente. Tale valore rappresenta una stima prudenziale, in quanto non tiene ancora conto degli incentivi ottenibili tramite il meccanismo del Conto Termico, gestito dal GSE, né dei futuri incrementi del costo dell'energia, che contribuirebbero a ridurre significativamente il tempo di ritorno effettivo dell'investimento.



Qualora il costo specifico dell'intervento (C) superasse il valore di  $C_{max}$ , il calcolo dell'incentivo ( $I_{tot}$ ) viene effettuato in riferimento a  $C_{max}$ .

### **Involucro**

Si procede con la valutazione degli interventi relativi all'involucro; le componenti impiantistiche che rientrano nel Conto Termico (pompe di calore, fotovoltaico e solare termico) verranno prese in considerazione nel successivo passaggio. L'impianto di VMC non rientra nell'analisi per l'accesso agli incentivi.

- Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali
  - Esterno: costo massimo ammissibile 200€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: 160€/m<sup>2</sup> ≤  $C_{max}$
  - Interno: costo massimo ammissibile 100€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: 115-145€/m<sup>2</sup> ≥  $C_{max}$
- Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti
  - Esterno: costo massimo ammissibile 170€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: 135€/m<sup>2</sup> ≤  $C_{max}$
  - Interno: costo massimo ammissibile 140€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: 165€/m<sup>2</sup> ≥  $C_{max}$
- Strutture opache orizzontali: isolamento coperture
  - Tetto ventilato: costo massimo ammissibile 350€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: 440€/m<sup>2</sup> ≥  $C_{max}$
  - Esterno: costo massimo ammissibile 300€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: 165€/m<sup>2</sup> ≤  $C_{max}$
- Sostituzione di chiusure trasparenti
  - Tetto ventilato: costo massimo ammissibile 800€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: 745€/m<sup>2</sup> ≤  $C_{max}$

Si deduce che, delle lavorazioni sopra citate, la copertura complessiva dell'incentivo è del 92%, che equivale a 599.715 su 648.394€.

### **Pompe di calore**

Per il calcolo dell'incentivo riguardante l'installazione di pompe di calore "add on", ovvero «sistemi costituiti da generatori a pompa di calore installati ad integrazione di una caldaia a condensazione alimentata a gas preesistente, e combinato con essa al fine di costituire un sistema bivalente», si fa riferimento alla formula:

$$I_{a\ tot} = E_i \cdot C_i$$

In cui:

- $la\ tot$ : è l'incentivo annuo in euro;
- $E_i$ : è l'energia termica incentivata prodotta da ciascun generatore in un anno ed è calcolata come segue:

$$E_i = Q_u \cdot \left(1 - \frac{1}{SCOP}\right) \cdot kp$$

- $C_i$ : è il coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta espresso in €/kWh, definito in tabella 9 e distinto per tecnologia installata. Nei casi di interventi che prevedono più generatori della stessa tipologia il coefficiente è individuato sulla base della somma delle potenze dei generatori di tipologia analoga.

Per pompe di calore aria/acqua con  $P_{rated} > 35$  kW il coefficiente vale 0,060.

- SCOP è il coefficiente di prestazione stagionale della pompa di calore installata, come dedotto dai dati forniti dal produttore, in zona climatica average, nel rispetto dei requisiti minimi e delle condizioni di temperatura stabiliti dai Regolamenti Ecodesign vigenti riportati nelle tabelle 3 e 4 dell'allegato I.

Per le pompe di calore in oggetto (DAIKIN EBLA DW17) è pari a 4,69.

- $Q_u$  è il calore totale prodotto dall'impianto espresso in kWh ed è calcolato come segue:

$$Q_u = P_{rated} \cdot Q_{uf}$$

- $P_{rated}$  è la potenza della pompa di calore alle condizioni standard di riferimento, espressa in kW, così come definita e dichiarata dai fabbricanti nella Scheda Prodotto ai fini del rispetto degli obblighi di informazione dei Regolamenti Ecodesign.

Si assume la potenza nominale di una pompa di calore pari a 18 kW;

- $Q_{uf}$  è un coefficiente di utilizzo dipendente dalla zona climatica, come indicato nella tabella 8.

Per la zona climatica D vale 1400.

- $kp$  è un coefficiente di premialità dato dal rapporto tra l'efficienza energetica stagionale della pompa di calore considerata e quella minima per l'immissione sul mercato prevista dal regolamento codesign applicato:

$$kp = \frac{\eta_s}{\eta_{s, \min Ecodesign}}$$

In cui  $\eta_s$  è 132 e  $\eta_{s, \min Ecodesign}$  è 110.

Si procede con il calcolo:

$$E_i = 25.200 \cdot \left(1 - \frac{1}{4,69}\right) \cdot 1,2 = 23.792 \text{ kWh}$$

$$I_{a\ tot} = 23.792 \cdot 0,060 = 1427\text{€}$$

L'incentivo annuo per tre pompe di calore è dunque di 4281€. Il Conto Termico per le Pubbliche Amministrazioni prevede l'erogazione degli incentivi per 5 anni: pertanto, si otterranno 5 rate annuali da 4281 € per un totale di 21.405 €. L'incentivo previsto copre il 42% della spesa complessiva.

#### **Impianto di illuminazione e BACS**

- Sostituzione dei corpi illuminanti
  - Installazione di lampade a LED: costo massimo ammissibile 35€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: circa 13€/m<sup>2</sup> ≤ C<sub>max</sub>
- Installazione di tecnologie di Building Automation
  - Tetto ventilato: costo massimo ammissibile 60€/m<sup>2</sup>  
costo intervento: circa 36€/m<sup>2</sup> ≤ C<sub>max</sub>

Si deduce che entrambi gli interventi rientrano nei massimali e, pertanto, ricadono nella copertura al 100%.

#### **Impianto fotovoltaico**

L'incentivo erogato per l'impianto fotovoltaico, posto che esso deve essere installato congiuntamente alla sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti dotati di pompe di calore elettriche, può coprire fino al 30% del costo, con un limite massimo di 1.500€/kW per l'impianto e 1.000€/kWh per il sistema di accumulo:

- fino a 20 kW: 1.500 €/kW
- da 20 kW a 200 kW: 1.200 €/kW
- da 200 kW a 600 kW: 1.100 €/kW
- da 600 kW a 1.000 kW: 1.050 €/kW

Si evidenzia anche che:

- l'incentivo aumenta del 5% se il modulo fotovoltaico è prodotto in UE con efficienza almeno del 21,5%;
- +10% se il modulo UE ha un'efficienza almeno del 23,5%;
- +15% se il modulo UE ha celle bifacciali ad eterogiunzione di silicio o tandem prodotte in UE con efficienza almeno del 24%.

L'impianto fotovoltaico in oggetto è costituito da moduli TrinaSolar Vertex S dall'efficienza  $\eta_m(\%)$  pari a 20.8 e potenza di picco complessiva 53,95 kWp, con un costo previsto di 64.000€. Il massimale di spesa, calcolato per la fascia 20-200kW è di 64.740 €; il Conto Termico copre per le PA in Comuni sotto i 15.000 abitanti fino al 100% della spesa ammissibile.

### Impianto solare termico

Per l'impianto solare termico l'incentivo è calcolato secondo la seguente formula:

$$I_{a\ tot} = C_i \cdot Q_u \cdot S_l$$

Dove:

- $I_{a\ tot}$  è l'incentivo annuo in euro;
- $C_i$  è il coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta, espresso in €/kWh<sub>t</sub>, definito in tabella 16.

Per impianto per sola produzione di acs e superficie captante  $12 < S_l < 50\ m^2$  è pari a 0.32.

- $S_l$  è la superficie solare lorda dell'impianto espressa in  $m^2$  ed ottenuta moltiplicando il numero di moduli che compone il campo solare per l'area lorda del singolo modulo.

L'impianto in oggetto ha una superficie captante di  $36\ m^2$ .

- $Q_u$  è l'energia termica prodotta per unità di superficie lorda, espressa in kWh<sub>t</sub>/m<sup>2</sup>, e calcolata come segue:
  - per impianti solari termici realizzati con collettori piani o con collettori sottovuoto o collettori a tubi evacuati:

$$Q_u = \frac{Q_{col}}{A_g}$$

Dove:

- $A_g$  è l'area lorda del singolo modulo di collettore/sistema solare così come definita nelle norme UNI EN ISO 9806 e UNI EN 12976 e riportata nella certificazione *Solar Keymark* o, equivalentemente nell'attestazione rilasciata da ENEA per i collettori a concentrazione.

L'area lorda del singolo modulo Sonnenkraft SK500 è di  $2,57\ m^2$ .

- $Q_{col}$  è l'energia termica prodotta in un anno da un singolo modulo di collettore solare, espressa in kWh<sub>t</sub>, il cui valore, relativo alla località di riferimento di Würzburg, è riportato nella certificazione *Solar Keymark*, scegliendo, a seconda del tipo di applicazione, la temperatura media di funzionamento del collettore ( $T_m$ ) così come definita nella tabella 17.

Per la temperatura media di  $50^\circ$  (produzione acs) vale 426.

Si procede con il calcolo:

$$Q_u = \frac{426}{2,57} = 165,7\ kWh_t/m^2$$

$$I_{a\ tot} = 0,32 \cdot 165,7 \cdot 36 = 1908 \text{ €}$$

Il Conto Termico per le Pubbliche Amministrazione anche in questo caso prevede l'erogazione degli incentivi per 5 anni: pertanto, si otterranno 5 rate annuali da 1.908 € per un totale di 9.540 €. L'incentivo previsto copre circa l'80% della spesa complessiva.

In conclusione, della spesa complessiva prevista inizialmente di 981.394 € è possibile far rientrare una quota di 789.660 € negli incentivi, pari all'80% del totale.

Il costo dell'intervento, con incentivo CET, risulta di 191.734 €.

### **Trasformazione in nZEB**

Gli interventi progettati per l'edificio scolastico in esame non permettono il raggiungimento di alcuni standard nZEB (copertura al 65% con fonti rinnovabili per la produzione di acs e copertura al 65% con fonti rinnovabili cumulativa per acs, riscaldamento e raffrescamento); tuttavia, giustificando l'impossibilità tecnica di ampliare ulteriormente gli impianti a fonti rinnovabili, risulta soddisfatta la verifica alternativa alle fonti rinnovabili.

Si propone un'analisi alternativa con l'obiettivo di rientrare nella voce del Conto Termico "Trasformazione degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero NZEB". L'incentivo previsto è pari al 100% delle spese sostenute ammissibili per edifici di comuni con popolazione fino 15.000 abitanti e da essi utilizzati, con il rispetto dei costi massimi unitari e dei massimali di incentivo previsti.

La formula per determinare l'ammontare dell'incentivo riconosciuto è la seguente:

$$I_{tot} = 100\% \cdot C \cdot S_{int}$$

con  $I_{tot} \leq I_{max}$

dove:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata;
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto);
- $S_{int}$ : superficie utile calpestabile;
- $C$ : costo specifico sostenuto;
- $C_{max}$ : valore massimo di  $C$ , definito dalla tabella 5 del Decreto. Per zona climatica D si attesta a 1300€/m<sup>2</sup>.

In base all'analisi economica, il costo unitario risulta pari a 501,2 €/m<sup>2</sup>, pertanto rientra, nel costo unitario ammissibile (in zona D: 1.300 €/m<sup>2</sup>). Pertanto, l'intera somma rientra nel massimale previsto.

**Valutazione del periodo di ritorno dell'investimento in seguito al calcolo degli incentivi**

Il periodo di ritorno dell'investimento calcolato precedentemente risultava pari a circa 34 anni, una stima cautelativa che non teneva conto degli incentivi ottenibili tramite il meccanismo del Conto Termico.

Il tempo di ritorno dell'investimento, calcolato questa volta come rapporto tra il costo rimanente dell'intervento una volta applicati gli incentivi, pari a 191.734 €, e il risparmio economico annuo stimato, risulta pari a:

$$Tr = \frac{191.734\text{€}}{29.059\text{€}} \text{ anno} \cong 7 \text{ anni}$$

L'inclusione degli incentivi, che coprono fino all'80% del costo iniziale, consente di stimare un tempo di ritorno di soli sette anni, evidenziando un'elevata convenienza economica se confrontata con l'orizzonte di investimento di 40 anni.

## 8. Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha affrontato il tema della riqualificazione energetica di un edificio scolastico comprendente tre ordini di istruzione, scuola dell'infanzia, primaria e secondaria di primo grado, attraverso un percorso metodologico strutturato, fondato su un'approfondita analisi dello stato di fatto, propedeutica alla definizione di una strategia progettuale integrata. L'obiettivo è stato quello di coniugare il miglioramento delle prestazioni energetiche con il rispetto dei requisiti minimi previsti dalla normativa vigente, garantendo al contempo un innalzamento della qualità ambientale interna.

L'analisi dell'involucro ha evidenziato criticità significative nelle strutture opache meno massive, nel tetto in legno della palestra e nei solai controterra, caratterizzati da valori di trasmittanza elevati e conseguenti dispersioni significative. Ulteriori elementi di debolezza sono stati individuati nei serramenti esistenti, contraddistinti da prestazioni termigrometriche insufficienti, nonché nella presenza di ponti termici diffusi. Dal punto di vista impiantistico, la configurazione originaria risultava fortemente energivora, a causa della presenza di quattro caldaie a combustibile e di sistemi a fonti rinnovabili sottodimensionati e scarsamente performanti.

Le simulazioni energetiche condotte sullo stato di fatto hanno restituito un indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nren}$  pari a 149,1 kWh/m<sup>2</sup>anno, corrispondente alla classe energetica C. Le performance risultavano inadeguate sia nel periodo invernale, con elevati fabbisogni per la climatizzazione, sia in quello estivo, con insufficienti capacità di attenuazione e sfasamento dell'onda termica. Le emissioni di anidride carbonica si attestavano a 31,14 kg/m<sup>2</sup>anno, confermando l'elevato impatto ambientale dell'edificio nella configurazione originaria.

Alla luce delle criticità emerse, la fase progettuale è stata impostata secondo una logica sequenziale, finalizzata alla riduzione delle dispersioni, al contenimento dei consumi energetici, alla diminuzione dei costi di gestione e delle emissioni climalteranti, nonché al miglioramento delle condizioni di comfort e salubrità degli ambienti scolastici.

In primo luogo, gli interventi hanno riguardato l'involucro edilizio, agendo sulle componenti maggiormente disperdenti, sia verso l'esterno che verso ambienti non riscaldati. L'isolamento delle pareti opache, della copertura della palestra e dei solai controterra, la correzione dei principali ponti termici, unitamente alla sostituzione dei serramenti con modelli ad alte prestazioni e alla coibentazione dei vani finestra, ha consentito di ridurre in modo significativo le perdite di calore, determinando un decremento dei fabbisogni energetici per la climatizzazione invernale del 46%, e un sensibile miglioramento del comportamento estivo, con un calo del fabbisogno del 29%, grazie a una maggiore inerzia termica e all'introduzione di vetri a controllo solare.

Successivamente è stato introdotto un sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC), alimentato da pompe di calore precedentemente assenti. L'installazione dell'impianto ha permesso di garantire un adeguato ricambio d'aria negli ambienti scolastici, migliorando in

modo sostanziale la qualità dell'aria interna e riducendo le concentrazioni di CO<sub>2</sub>. Il recupero di calore integrato nella VMC ha inoltre contribuito alla riduzione dei carichi termici, grazie alle funzioni di preriscaldamento e preraffrescamento dell'aria immessa. Sebbene questa scelta abbia comportato un incremento dei consumi elettrici complessivi, tale aumento risulta giustificato dal significativo miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie e dal contributo alla riduzione dei fabbisogni termici associati alla ventilazione.

Parallelamente, è stato previsto un intervento di relamping, volto a sostituire gli apparecchi illuminanti obsoleti e ad alto consumo con soluzioni più efficienti. Pur avendo analizzato la possibilità di ridimensionare e ampliare l'impianto al fine di soddisfare i livelli raccomandati di illuminamento, si è scelto di orientare l'intervento prioritariamente alla riduzione dei consumi elettrici e dei costi di intervento, mantenendo sostanzialmente invariata la distribuzione dei corpi illuminanti.

L'ultima fase ha riguardato il potenziamento della produzione da fonti rinnovabili, mediante la sostituzione dei moduli fotovoltaici policristallini obsoleti con nuovi pannelli, caratterizzati da maggiore potenza di picco, e l'ampliamento dell'impianto solare termico, nei limiti imposti dalle superfici disponibili e dalle condizioni di ombreggiamento. Non si è, invece, optato per la sostituzione delle caldaie a condensazione con pompe di calore per la climatizzazione principale, in quanto tale soluzione avrebbe comportato un ulteriore incremento della domanda elettrica, già sensibilmente aumentata a seguito dell'introduzione della VMC.

Nonostante l'ampliamento degli impianti rinnovabili non risulta garantita la copertura del 65% dei fabbisogni di energia per acs e per il complesso acs + riscaldamento + raffrescamento, rappresentando queste le uniche verifiche non soddisfatte. Tuttavia, dimostrata l'impossibilità tecnica di incrementare ulteriormente la superficie destinabile alle fonti rinnovabili, risulta applicabile la verifica alternativa prevista dalla normativa per gli edifici a energia quasi zero, consentendo la conformità ai requisiti nZEB secondo il percorso alternativo. Nella configurazione finale di progetto, l'EP<sub>gl,nren</sub> risulta pari a 60,7 kWh/m<sup>2</sup>anno, con un miglioramento percentuale pari al 60% rispetto allo stato di fatto e con il conseguente salto da un'iniziale classe energetica C ad A3. Le emissioni di CO<sub>2</sub> si riducono a 13,7 kg/m<sup>2</sup>anno, con una riduzione percentuale del 57%.

L'analisi economica conclusiva ha evidenziato come, in assenza di incentivi, l'intervento presenti un tempo di ritorno dell'investimento pari a circa 34 anni, rientrando nell'orizzonte temporale considerato di 40 anni e risultando pertanto, seppur di poco, conveniente sotto il profilo strettamente finanziario. Diversamente, considerando l'accesso agli incentivi del Conto Termico, con una copertura superiore al 70% della spesa iniziale, il tempo di ritorno si riduce a circa 7 anni, configurando uno scenario economicamente molto vantaggioso.

In conclusione, il percorso di riqualificazione proposto, costituito da un approccio integrato fondato sull'ottimizzazione dell'involucro, sull'innovazione impiantistica e sull'incremento della produzione da fonti rinnovabili, consente di coniugare efficienza, sostenibilità e qualità degli ambienti interni e delinea un modello replicabile ed economicamente sostenibile per interventi analoghi sul patrimonio edilizio scolastico, nell'ottica dei futuri obiettivi di decarbonizzazione.



# Appendice

## Interventi sull'involucro



Pareti esterne

### Frontrock Extra

Le forze della lana di roccia



Formato: 1000x600 mm  
Spessori: da 50 a 200 mm



**Pannello rigido in lana di roccia non rivestito a doppia densità, per isolamento termico ed acustico di sistemi a cappotto.**



#### Applicazione

Il pannello viene sottoposto ad un trattamento specifico nel processo produttivo che lo rende idoneo alle severe condizioni di utilizzo tipiche dell'isolamento dall'esterno. Il prodotto correttamente installato presenta il lato a densità superiore, caratterizzato da apposita marchiatura, rivolto verso l'esterno.



#### Vantaggi

- Comportamento al fuoco: il pannello, incombustibile, se esposto a fiamme libere non genera né fumo né gocce; aiuta inoltre a prevenire la propagazione del fuoco e contribuisce ad incrementare la resistenza al fuoco dell'elemento costruttivo in cui è installato.
- Doppia densità e proprietà meccaniche: le eccellenti prestazioni meccaniche del prodotto lo rendono ideale per supportare azioni meccaniche significative e/o rispondere a requisiti specifici di lavorazioni sul pannello (bugnatura). Raccomandato in edifici ad elevata altezza, consentendo un'ottimizzazione della tassellatura.
- Doppia densità e rapidità di installazione: il pannello presenta uno strato esterno più rigido che facilita le fasi di tassellatura, rasatura e finitura ed un corpo retrostante meno denso per un'ottimale adattabilità al supporto. Il pannello leggero e maneggevole, grazie al formato 1000x600 mm, velocizza l'installazione.
- Doppia densità e proprietà acustiche: l'isolamento a cappotto può essere schematizzato come un sistema meccanico "massa-molla-massa", che trova una naturale ingegnerizzazione nella doppia densità del pannello. Lo strato a maggiore densità ne aumenta la "massa", mentre il corpo retrostante meno denso ottimizza l'effetto "molla".
- Prestazioni termiche: grazie al valore di conduttività termica, il pannello è ideale per realizzare involucri edilizi ad alta efficienza.
- Permeabilità al vapore: il pannello, grazie al valore di  $\mu$  pari a 1, consente di realizzare pacchetti di chiusura "traspiranti".
- Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni termiche ed igrometriche dell'ambiente (fondamentale per la durabilità del sistema a cappotto).



[www.rockwool.com/it/](http://www.rockwool.com/it/)

1/2



## Frontrock Extra



Pareti esterne

### Proprietà tecniche

Dati tecnici	Valore	Norma
Reazione al fuoco [Euroclasse]	A1	UNI EN 13501-1
Conduttività termica dichiarata [W/m·K]	$\lambda_D = 0,036$	UNI EN 12667, 12939
Densità* [kg/m³]	$\rho = 110$ circa (190/90 - doppia densità)	UNI EN 1602
Calore specifico [J/kg·K]	$c_p = 1030$	UNI EN ISO 10456
Resistenza a compressione (carico distribuito) [kPa]	$\sigma_{10} \geq 30$	UNI EN 826
Resistenza a carico puntuale [N]	$F_p \geq 500$	UNI EN 12430
Resistenza a trazione nel senso dello spessore [kPa]	$\sigma_{mt} \geq 10$	UNI EN 1607
Assorbimento d'acqua a breve termine [kg/m²]	$W_p \leq 1,0$	UNI EN 1609
Assorbimento d'acqua a lungo termine [kg/m²]	$W_{lp} \leq 3,0$	UNI EN 12087
Coeff. di resistenza alla diffusione di vapore acqueo [-]	$\mu = 1$	UNI EN 13162

Codice di designazione CE: MW-EN13162-T5-CS(10)30-TR10-PL(5)500-DS(70,90)-WS-WL(P)-MU1

\* La densità può variare in funzione delle tolleranze previste nelle specifiche di prodotto.

### Spessori e resistenza termica

Spessore [mm]	50	60	80	100	120	140	160	180	200
Resistenza termica [m²·K/W]	1,35	1,65	2,20	2,75	3,30	3,85	4,40	5,00	5,55

### Certificazioni e riconoscimenti



Il prodotto è provvisto di marcatura CE in accordo alla norma UNI EN 13162 - Isolanti termici per edilizia - Prodotti di lana minerale (MW) ottenuti in fabbrica - Specificazione.



Il prodotto è provvisto di certificato EUCER che attesta la biosolubilità delle fibre minerali utilizzate e la sicurezza per la salute umana.



Il prodotto dispone di EPD, registrata nell'International EPD® System, che fornisce in maniera trasparente e dettagliata l'impatto ambientale del prodotto.  
EPD di riferimento: EPD-IES-0012653:003.

Disponibile anche il prodotto **Frontrock (RP-PT)**, specificamente concepito per sistemi a cappotto come elemento di completamento (spallette di serramenti, ecc.).



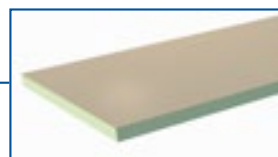
**ROCKWOOL Italia S.p.A**  
Via Antonio Canova, 12  
20145 - Milano - Italia  
P.IVA 01980790925  
Tel. 02 346 131

Tutte le informazioni contenute nel presente documento descrivono le caratteristiche del prodotto valide al momento dell'emissione. Le suddette informazioni sono state redatte con la massima attenzione e cura, in conformità alle normative e agli standard tecnici applicabili. Tuttavia, ROCKWOOL Italia S.p.A. declina ogni responsabilità nei confronti degli utenti e di terzi per eventuali imprecisioni, errori o danni derivanti dall'uso delle informazioni contenute nel documento, nonché da interpretazioni o applicazioni improprie delle stesse. In relazione all'evoluzione continua dei prodotti e alle modifiche alle normative, ROCKWOOL Italia S.p.A. si riserva il diritto di apportare modifiche alle caratteristiche degli stessi senza preavviso.

■ **SCHEDA TECNICA GT rev. 14 del 01/10/2025 - pag. 1/2**

**stiferite**<sup>®</sup>  
l'isolante termico

**GT**



■ **Descrizione**

**STIFERITE GT** è un pannello sandwich costituito da un componente isolante in schiuma polyiso, espansa senza l'impiego di CFC o HCFC, rivestito su entrambe le facce con GT power insulation facer.

■ **Linee Guida per la stesura di capitolati tecnici**

Isolante termico **STIFERITE GT** in schiuma polyiso espansa rigida (PIR) di spessore ... (\*), con rivestimenti GT power insulation facer su entrambe le facce, avente:

Resistenza Termica Dichiarata:  $R_D = \dots$  m<sup>2</sup>K/W (EN 13165 Annessi A e C)

... (si consiglia di completare la voce di capitolato indicando le caratteristiche e prestazioni più rilevanti per la specifica applicazione)

Prodotto da azienda certificata con: sistema di gestione qualità **UNI EN ISO 9001**, sistema di gestione ambientale **UNI EN ISO 14001**, sistema di gestione a tutela della Sicurezza e della Salute dei Lavoratori **UNI EN ISO 45001**, avente la marcatura di conformità CE su tutta la gamma. Disponibile la **Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)** verificata da Ente terzo e la valutazione dei **Criteri Minimi Ambientali (CAM)** previsti dal **Green Public Procurement (GPP)**.

(\* ) I parametri variano in funzione dello spessore. Per inserire i valori corrispondenti allo spessore utilizzato si utilizzino i dati riportati nella presente scheda tecnica.

■ **Formato standard**

lunghezza e larghezza: 600 x 1200 mm  
spessori nominali [d] EN 823:  
da 20 a 180 mm

■ **Principali applicazioni**

Isolamento di pareti  
Isolamento di pavimentazioni  
Isolamento di coperture  
sotto manti impermeabili con fissaggi a freddo

■ **PRINCIPALI CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI - rilevanti ai fini della marcatura CE [UNI EN 13165]**



■ **Conducibilità Termica Dichiarata -  $\lambda_D$  [W/mK]**

UNI EN 13165 Annessi A e C

Valore determinato alla temperatura media di 10° C

v. tabella valori in funzione dello spessore

■ **Resistenza Termica Dichiarata -  $R_D = d / \lambda_D$  [m<sup>2</sup>K/W]**

v. tabella valori in funzione dello spessore

■ **Trasmittanza Termica Dichiarata -  $U_D = \lambda_D / d$  [W/m<sup>2</sup>K]**

v. tabella valori in funzione dello spessore

■ **Reazione al fuoco**

EN 13501-1, EN 11925-2, EN 13823

**EUROCLASSE F**

■ **Resistenza alla compressione al 10% di schiacciamento -  $\sigma_{10}$  [kPa]**

EN 826

> **150 kPa** codice etichetta CE [CS(10/Y)150]

■ **Resistenza a trazione perpendicolare alle facce  $\sigma_m$  [kPa]**

EN 1607

> **30 kPa** codice etichetta CE [TR30]

■ **Fattore di resistenza alla diffusione del vapore**

EN 12086

$\mu$  **148 ± 24** codice etichetta CE [MU148]

■ **Assorbimento d'acqua per immersione parziale, breve periodo [kg/m<sup>2</sup>]**

EN 1609

< **0,3** codice etichetta CE [WS(P)0,3]

■ **Assorbimento d'acqua per immersione totale, lungo periodo [% in peso]**

EN 12087

< **1** codice etichetta CE [WL(T)1]

■ **Planarità dopo bagnatura da una faccia [mm]**

EN 13165

≤ **10 mm** codice etichetta CE [FW2]

■ **Planarità  $S_{max}$  [mm]**

EN 825

± **5** per superfici < 0,75 m<sup>2</sup>

± **10** per superfici > 0,75 m<sup>2</sup>

d mm	$\lambda_D$ W/mK	$R_D$ m <sup>2</sup> K/W	$U_D$ W/m <sup>2</sup> K
20	0,022	0,91	1,10
30		1,36	0,73
40		1,82	0,55
50		2,27	0,44
60		2,73	0,37
70		3,18	0,31
80		3,64	0,28
100		4,55	0,22
120		5,45	0,18
140		6,36	0,16
160		7,27	0,14
180		8,18	0,12

■ **Stabilità dimensionale [Livello]**

EN 1604

**48 h, 70° C, 90% UR**

**3** per d < 20 mm codice etichetta CE [DS(70;90)3]

**4** per d ≥ 30 mm codice etichetta CE [DS(70;90)4]

**48 h, -20° C**

**2** codice etichetta CE [DS(-20;0)2]

■ **Tolleranze [mm]**

EN 13165

**Lunghezza e Larghezza**

± **5** < 1000 mm codice etichetta CE [T2]

± **7,5** da 1001 a 2000 mm codice etichetta CE [T2]

■ **Spessore [mm]**

± **2** < 50 mm codice etichetta CE [T2]

± **3** da 50 a 75 mm codice etichetta CE [T2]

+ **5/-2** ≥ 75 mm codice etichetta CE [T2]

■ SCHEDA TECNICA GT rev. 14 del 01/10/2025 - pag. 2/2



**ALTRE CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI**

- **Massa volumica pannello -  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]**  
Valore medio comprensivo del peso dei rivestimenti  
**36 ± 1,5**
- **Calore Specifico - Cp [J/kg ° K]**  
Valore medio  
**1810**
- **Resistenza alla compressione, 2 % di schiacciamento -  $\sigma_2$  [kg/m<sup>2</sup>]**  
EN 826  
**> 5000**
- **Scorrimento viscoso (Creep) a compressione -  $\epsilon_d$  [%]**  
EN 1606  
**<2 d = 140 mm** codice etichetta CE [CC(2/1.5/50)25]
- **Deformazione sotto carico e temperatura -  $\epsilon_d$  [%]**  
EN 1605  
**<5 - carico di 20 kPa a 80° C per 48 h** codice etichetta CE DLT(1)5]
- **Resistenza Pull through - [N]**  
EN 16382  
**> 800**
- **Resistenza alla diffusione del vapore d'acqua - Z [m<sup>2</sup>hPa/mg]**  
EN 12086  
**82 - 21**
- **Stabilità dimensionale - [% variazione dimensionale]**  
EN 1604  
**7 giorni, 70° C**  
**≤ 0,5**
- **Stabilità dimensionale - [% variazione dimensionale]**  
EN 1603  
**28 giorni, 23° C e 50 % UR**  
**≤ 0,01**
- **Assorbimento d'acqua per diffusione, lungo periodo [% in peso]**  
EN 12088  
**<2.1 per d = 20 mm**  
**<0.3 per d = 120 mm**
- **Assorbimento d'acqua per diffusione, lungo periodo [kg/m<sup>2</sup>]**  
EN 12088  
**<0.43 per d = 20 mm**  
**<0.41 per d = 120 mm**
- **Percentuale in peso di materiale riciclato - [%]**  
Disciplinare tecnico REMADE®  
**>4**

**CERTIFICAZIONI & RAPPORTI DI PROVA AGGIUNTIVI**

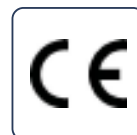
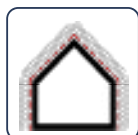
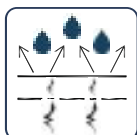
- **Certificazioni aziendali di sistema:**  
- Sistema di gestione qualità UNI EN ISO 9001,  
- Sistema di gestione ambientale UNI EN ISO 14001,  
- Sistema di gestione a tutela della Sicurezza e della Salute dei Lavoratori UNI EN ISO 45001
- **Dichiarazione Ambientale di Prodotto EPD verificata da Ente terzo**  
ISO 14040 e EN 15804
- **Reazione al fuoco - fuoco covante continuo**  
EN 16733  
**Il pannello non è soggetto a combustione continua senza fiamma**
- **Rigidità dinamica apparente -  $s'_i$  [MN/m<sup>3</sup>]**  
EN 29052-1  
I dati relativi alla rigidità dinamica sono riportati nel Quaderno Tecnico "Isolamento Acustico"
- **Fonoisolamento acustico a parete -  $R_w$  [dB]**  
UNI EN ISO 140-3, UNI EN ISO 717-1  
**54**  
I dati relativi alla stratigrafia valutata sono riportati nel Quaderno Tecnico "Isolamento Acustico"
- **Riduzione del rumore da calpestio -  $\Delta L_w$  [dB]**  
UNI EN ISO 140-8, UNI EN ISO 717-2  
**18**  
I dati relativi alla stratigrafia valutata sono riportati nel Quaderno Tecnico "Isolamento Acustico"
- **Emissioni di composti organici volatili VOC**  
UNI EN ISO 16516, 16000-3, 16000-6  
**Certificato Indoor Air Comfort Gold**

**NOTE**

- **Stabilità alla temperatura**  
I pannelli Stiferite sono utilizzabili in un campo di temperature continue normalmente comprese fra -40 °C e +110 °C. Per brevi periodi possono sopportare anche temperature fino a + 200° C, o equivalenti alla temperatura del bitume fuso, senza particolari problemi. Lunghe esposizioni a temperature superiori a +110° C potranno causare deformazioni alla schiuma o ai rivestimenti, ma non provocare sublimazioni o fusioni.
- **Aspetto**  
Eventuali piccole zone di non adesione tra i rivestimenti e la schiuma hanno origine dal processo produttivo e non pregiudicano in modo alcuno le proprietà fisico-meccaniche dei pannelli. Un'esposizione prolungata della schiuma poliuretana ai raggi UV può causarne l'ossidazione superficiale, il fenomeno non pregiudica le caratteristiche e prestazioni fondamentali del pannello
- **Imballo & Stoccaggio**  
I pannelli STIFERITE di misure standard vengono normalmente confezionati in termoretraibile, in pacchi chiusi e provvisti di etichetta CE. Stoccare i pacchi sollevati da terra. Per lunghi periodi ricoverarli al coperto e all'asciutto.
- **Avvertenze**  
I dati riportati nella presente scheda sono vincolanti per le caratteristiche e prestazioni previste dalla marcatura CE. Altre caratteristiche e informazioni aggiuntive potranno essere modificate anche in assenza di specifica segnalazione.
- **Altre informazioni**  
Per ottenere dati tecnici non contemplati nella presente Scheda Tecnica contattare l'Ufficio Tecnico STIFERITE al **numero verde 800840012**

## TECTUM 140

Freno al vapore



Commerciale

Codice	Altezza	Lunghezza	Area	Q.tà a bancale
[-]	[m]	[m]	[m2]	[roll]
TEC140	1,50	50	75	20

**TECTUM 140** è una freno al vapore a tre strati, dotato di alta capacità di regolazione del passaggio di vapore.

La sua tecnologia, particolarmente adatta per le coperture e le pareti isolate con sistema ventilato, controlla la permeazione del vapore all'interno del pacchetto coibente proveniente dagli ambienti interni.

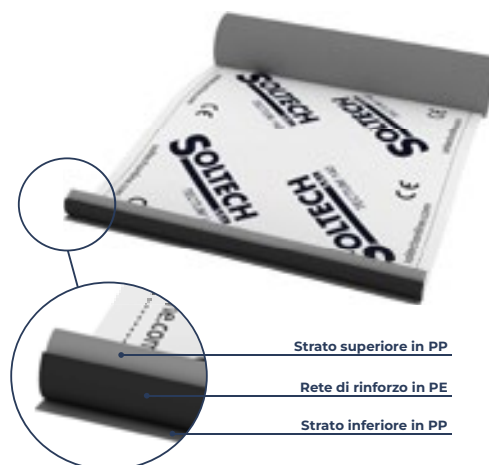
Allo stesso tempo, essendo a tenuta all'acqua e all'aria, funge da ulteriore protettivo contro pioggia, neve, vento e ogni altra forma di infiltrazione accidentale proveniente dall'esterno, migliorando l'efficienza energetica dell'edificio.

### COMPOSIZIONE E APPLICAZIONI

**TECTUM 140** è composto da 3 strati: uno strato protettivo superiore a base di polipropilene, una membrana funzionale intermedia a base di poliolefine e uno strato protettivo inferiore a base di polipropilene.

In copertura va applicato sopra il primo tavolato o impalcato, prima dello strato isolante termico.

A parete va applicato come primo strato verso l'esterno successivo alla parte strutturale.



### VANTAGGI

- **Alta capacità di regolazione del passaggio di vapore:** controlla la permeazione del vapore all'interno del pacchetto coibente;
- **Tenuta all'acqua:** in fase di cantiere protegge il tavolato e/o la struttura portante dalle normali intemperie; a tetto ultimato funge da terza barriera contro le infiltrazioni d'acqua;
- **Tenuta all'aria:** garantisce la tenuta termica degli ambienti interni;
- **Calpestabile** grazie alle sue caratteristiche meccaniche;
- **Antiriflesso** grazie alla presenza di uno speciale rivestimento contro i riflessi di luce;
- **Antiscivolo** grazie alle sue capacità aggrappanti sia sul lato inferiore che sul lato di calpestio;
- **Resistente all'invecchiamento** causato dagli agenti atmosferici, grazie alla presenza di stabilizzanti UV.

**Tectum 140 - Freno al vapore > Scheda Tecnica**

Caratteristica	Valore	Tolleranza	Unità di misura	Metodo di prova	Normativa tecnico armonizzata
Altezza	1,50	± 0,5 %	m	EN 1848-2	EN 13984 : 2013
Lunghezza	50	0 ÷ +2 %	m	EN 1848-2	
Area	75	-	m <sup>2</sup>	-	
Massa areica o grammatura	140	± 10 %	g / m <sup>2</sup>	EN 1849-2	
Classificazione in base alla massa areica	classe C	-	-	UNI 11470	
Peso totale	10,5	-	kg	-	
Numero di strati	3	-	-	-	
Coefficiente Sd di resistenza al passaggio di vapore	3,5	± 30 %	m	EN 1931	
Permeabilità al vapore WDD	20	± 30 %	g / m <sup>2</sup> / 24 h	EN 1931	
Resistenza a trazione longitudinale	200	NPD	N / 5 cm	EN 12311-2	
Resistenza a trazione trasversale	130	NPD	N / 5 cm	EN 12311-2	
Resistenza a strappo da chiodo longitudinale	100	NPD	N	EN 12310-1	
Resistenza a strappo da chiodo trasversale	120	NPD	N	EN 12310-1	
Classificazione in base alla resistenza meccanica	classe R2	-	-	UNI 11470	
Allungamento longitudinale alla rottura	100	NPD	%	EN 12311-2	
Allungamento trasversale alla rottura	100	NPD	%	EN 12311-2	
Tenuta all'acqua	classe W1	-	-	EN 1928	
Stabilità termica	-30 / +80	-	°C	-	
Resistenza ai raggi UV	3	-	mesi	-	
Resistenza al fuoco	classe F	-	-	EN ISO 11925-2	
Pendenza minima copertura consigliata	≥ 30 %	-	-	-	

BARRIERE AL VAPORE

FRENI AL VAPORE

**POSA IN OPERA**

TECTUM 140 va srotolato in senso parallelo alla linea di gronda (per le coperture) o alla linea di base (per le pareti) e tagliato in strisce più lunghe del necessario.

Tali strisce vanno disposte, ben tese e partendo dal basso verso l'alto, sopra il primo tavolato o impalcato (se in copertura), o come primo strato verso l'esterno successivo alla parete strutturale, fissandole con adesivo sigillante monocomponente ST109 e nastro butilico biadesivo ST102 o ST111.

Le strisce vanno sovrapposte su tutti i lati per almeno 10-15 cm (o più, per pendenze di falda inferiori ai 30°), sigillando le zone di sovrapposizione con nastro adesivo acrilico ST131.

Eventuali fori di fissaggio su listelli di contenimento dello strato isolante vanno impermeabilizzati con nastro butilico biadesivo ST102 o ST111 e/o polimerico ST121.



MEMBRANE TRASPARENTI

**ARTICOLI COMPLEMENTARI**

**NASTRO BUTILICO BIADESIVO ST102 / ST111**



**GUARNIZIONE PUNTO CHIODO ST121**



**ADESIVO SIGILLANTE IN CARTUCCIA ST109**



**NASTRO ADESIVO ACRILICO ST131**



NASTRI E SIGILLANTI

# MULTITHERM 110



01

R3

## PUNTI DI FORZA IN BREVE:

**Il re dei pannelli in fibra di legno di ultima generazione prodotto "a secco" per coperture inclinate**

- Sostenibile: prestigioso certificato di bioedilizia NaturePlus e certificato PEFC
- Idrofugo e traspirante
- Resistenza a compressione >5.000 kg/m<sup>2</sup> su entrambe le facce grazie al processo di pressatura a vapore
- Monostrato: praticità di posa e di taglio

### Caratteristiche:



### Classificazione:



### Scheda tecnica

Lavorazione dello spigolo		spigolo vivo
Massa volumica		110 kg/m <sup>3</sup>
Conducibilità termica di riferimento		$\lambda_0 = 0,038 \text{ W/mK}$
Classe di reazione al fuoco		E
Resistenza alla compressione		$\geq 50 \text{ kPa}$
Coefficiente di resistenza al passaggio di vapore		$\mu = 3$
Capacità termica specifica		2100 J/KgK
Codice di classificazione prodotto		WF-EN 13171 - T4 - CS (10/Y)50 - TR15 - WS 1,0 - A-Fr100 - MU3
Resistività al flusso		$> 50 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$
Assorbim. d'acqua breve periodo		WS $\leq 1,0 \text{ kg/m}^2$

### Composizione:

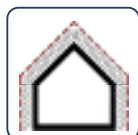
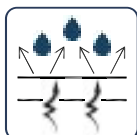
Fibre di abete bianco/rosso riciclato di pre-consumo, resina PMDI <sup>①</sup> esente da formaldeide 4%, paraffina 1%

### Articolo e dimensioni

Articolo	Spessore (mm)	Larghezza (mm)	Lunghezza (mm)	Bancale (m <sup>2</sup> )
0135xx01	da 60 a 200	1500	600	-

# VENTUS 150

Membrana traspirante



Commerciale

Codice	Altezza	Lunghezza	Area	Q.tà a bancale
[-]	[m]	[m]	[m2]	[roll]
VENT150	1,50	50	75	20

**VENTUS 150** è una membrana altamente traspirante a tre strati, dotata di elevata permeabilità al vapore.

La sua tecnologia, particolarmente adatta per le coperture e le pareti isolate con sistema ventilato, consente la permeazione del vapore proveniente dagli elementi sottostanti e il suo rapido allontanamento attraverso la camera di ventilazione.

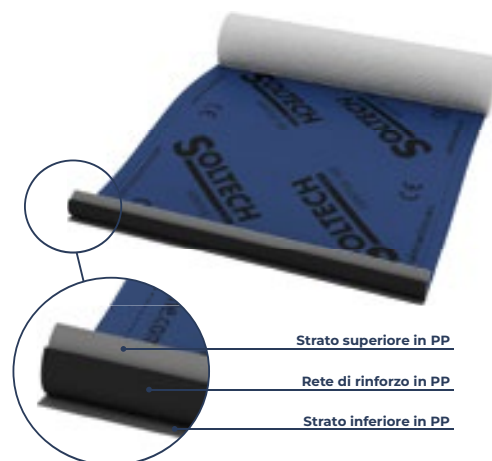
Inoltre, essendo a tenuta all'acqua e all'aria, protegge lo strato coibente da pioggia, neve e vento e ne preserva le capacità di isolamento termico.

## COMPOSIZIONE E APPLICAZIONI

**VENTUS 150** è composto da 3 strati, tutti realizzati con materiali a base di polipropilene: uno strato protettivo superiore, una membrana funzionale intermedia e uno strato protettivo inferiore.

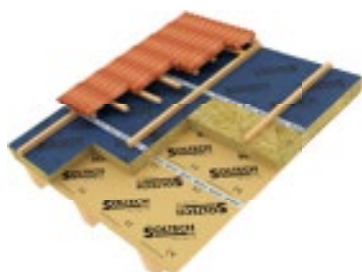
In copertura va applicato direttamente sul lato "freddo" dello strato isolante termico o sopra l'ultimo tavolato.

A parete va applicato come ultimo strato verso l'esterno.



## VANTAGGI

- **Elevata permeabilità al vapore:** elimina il gradiente di concentrazione di vapore all'interno del pacchetto coibente;
- **Tenuta all'acqua:** in fase di cantiere protegge lo strato isolante termico dalle normali intemperie; a tetto ultimato funge da seconda barriera contro le infiltrazioni d'acqua;
- **Tenuta all'aria:** garantisce la tenuta termica dello strato isolante;
- **Calpestabile** grazie alle sue caratteristiche meccaniche;
- **Antiriflesso** grazie alla presenza di uno speciale rivestimento contro i riflessi di luce;
- **Antiscivolo** grazie alle sue capacità aggrappanti sia sul lato inferiore che sul lato di calpestio;
- **Resistente all'invecchiamento** causato dagli agenti atmosferici, grazie alla presenza di stabilizzanti UV.



# MATERIAL DATA SHEET

## RHEINZINK-CLASSIC



- NATURAL SURFACE
- NATURAL PATINA FORMATION
- 40 YEARS QUALITY GUARANTEE
- SELF-HEALING OF SCRATCH MARKS
- MAINTENANCE FREE
- 100% RECYCLABILITY

RHEINZINK GmbH & Co. KG  
 Bahnhofstraße 90  
 45711 Datteln · Germany  
 Tel.: +49 2363 605-490  
 Fax: +49 2363 605-291  
 E-Mail: info@rheinzink.com  
[www.rheinzink.com](http://www.rheinzink.com)



### BASIC-INFORMATION

The bright-rolled titanium-zinc alloy has proven itself for over 50 years. Depending on the climatic conditions, the natural, metallically shiny surface develops the typical blue-grey patina over time after assembly. The formation of this natural protective layer is responsible for the high corrosion resistance of zinc. The bright-rolled surface gradually becomes more and more charismatic through the formation of the patina and develops a very individual character.

Specific weight 7.2 g/cm<sup>3</sup>  
 Building material class A1 (non-combustible)  
 Titanium zinc according to DIN EN 988

### DELIVERY FORM

Standard widths	333 – 400 – 500 – 570 600 – 670 – 700 – 800 – 1000 mm
Standard thicknesses	0,65 – 0,70 – 0,80 – 1,00 mm 1,20 mm – 1,50 mm
Protective film	On request
Coil inner diameter	508 mm at > 500 kg 300 – 400 mm at < 500 kg

### IMPORTANT INSTALLATION INSTRUCTIONS

Bending radius	Minimum 1.75 mm
Soldering recommendation	Soldering flux "ZD-pro" or "Power surface" (company Felder), overlap area 10 to 15 mm
Processing temperature	Warming up in temperatures below 10°C
Protective film	Remove the film immediately after assembly

**Note:**

*In the event of contamination due to external or environmental influences, please request the RHEINZINK cleaning recommendations. With these recommendations, RHEINZINK cannot guarantee that a new look will be created.*

# MATERIAL DATA SHEET

RHEINZINK-CLASSIC



- NATURAL SURFACE
- NATURAL PATINA FORMATION
- 40 YEARS QUALITY GUARANTEE
- SELF-HEALING OF SCRATCH MARKS
- MAINTENANCE FREE
- 100% RECYCLABILITY

RHEINZINK GmbH & Co. KG  
 Bahnhofstraße 90  
 45711 Datteln · Germany  
 Tel.: +49 2363 605-490  
 Fax: +49 2363 605-291  
 E-Mail: info@rheinzink.com  
 www.rheinzink.com



## BASIC-INFORMATION

The bright-rolled titanium-zinc alloy has proven itself for over 50 years. Depending on the climatic conditions, the natural, metallicly shiny surface develops the typical blue-grey patina over time after assembly. The formation of this natural protective layer is responsible for the high corrosion resistance of zinc. The bright-rolled surface gradually becomes more and more charismatic through the formation of the patina and develops a very individual character.

Specific weight 7.2 g/cm<sup>3</sup>  
 Building material class A1 (non-combustible)  
 Titanium zinc according to DIN EN 988

## DELIVERY FORM

Standard widths	333 – 400 – 500 – 570 600 – 670 – 700 – 800 – 1000 mm
Standard thicknesses	0,65 – 0,70 – 0,80 – 1,00 mm 1,20 mm – 1,50 mm
Protective film	On request
Coil inner diameter	508 mm at > 500 kg 300 – 400 mm at < 500 kg

## IMPORTANT INSTALLATION INSTRUCTIONS

Bending radius	Minimum 1.75 mm
Soldering recommendation	Soldering flux "ZD-pro" or "Power surface" (company Felder), overlap area 10 to 15 mm
Processing temperature	Warming up in temperatures below 10°C
Protective film	Remove the film immediately after assembly

**Note:**

*In the event of contamination due to external or environmental influences, please request the RHEINZINK cleaning recommendations. With these recommendations, RHEINZINK cannot guarantee that a new look will be created.*

# MATERIAL DATA SHEET

RHEINZINK-CLASSIC

CLASSIC

RHEINZINK GmbH & Co. KG  
Bahnhofstraße 90  
45711 Datteln · Germany  
Tel.: +49 2363 605-490  
Fax: +49 2363 605-291  
E-Mail: info@rhein-zink.com  
[www.rhein-zink.com](http://www.rhein-zink.com)



## ALLOY

Zinc	99.995% (Z1 according DIN EN 1179)
Copper	0.10 – 0.18%
Titanium	0.06 – 0.12%
Aluminum	≤ 0.015%

## CERTIFICATION

Quality management	Certified according to ISO 9001
Environmental management	Certified according to ISO 14001
Energy management	Certified according to ISO 50001
Environmental product declaration	Verified according to ISO 14025, TYPE III and EN 15804

## MECHANICAL-TECHNOLOGICAL PROPERTIES

0.2% proof stress (Rp0.2)	≥ 110 N/ mm <sup>2</sup>
Tensile strength (Rm)	≥ 150 N/ mm <sup>2</sup>
Breaking elongation (A50)	≥ 40%
Vickers hardness (HV3)	≥ 45
Folding test	No cracks on the bending edge
Bending up after folding test	No cracks after bending up
Erichsen cupping	≥ 8,0 mm
Permanent elongation in creep (Rp0.1)	≤ 0.1%

## PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Melting point / range	420 °C
Boiling point / range	906 °C
Recrystallization limit	> 300 °C
Density at 20 °C	7.2 g/ cm <sup>3</sup>
Elasticity modulus	≥ 80.000 N/ mm <sup>2</sup>
Expansion coefficient	
In the longitudinal direction	22·10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
In the rolling transverse	17·10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Thermal conductivity	110 W/m·K
Specific heat capacity	398 J/ kg/ K
Electrical conductivity	17 m/Ω·mm <sup>2</sup>
Viscosity	Dynamic at 500 °C: 0,0030 mPa·s

CLASSIC

scheda tecnica



LO ZINTEK® NELL'EDILIZIA

L'impiego del laminato di Zinco nell'edilizia ha una lunghissima tradizione tanto da renderlo, a livello europeo, il materiale non ferroso per copertura e rivestimento di più largo utilizzo.

Simar S.p.A. propone, con la produzione del laminato denominato zintek®, una interessante combinazione di prestazioni tecniche ed estetiche valide sul piano funzionale ed economico.

Lo zintek® infatti si pone ai massimi vertici per:

- Rispetto ambientale.
- Economicità rispetto ai metalli non ferrosi utilizzati in analoghe applicazioni.
- Assenza di manutenzione.
- Lunghissima durata nel tempo.
- Gradevole aspetto estetico.

Le caratteristiche chimico-fisiche consentono un'ottima lavorabilità e saldabilità.

La resistenza alla corrosione atmosferica consente l'abbattimento dei costi di manutenzione e ripristino, valorizza l'architettura degli edifici nei contesti più disparati.

**Caratteristiche Fisiche e Tecnologiche**

Descrizione	Unità di misura	valore
Densità	Kg/dm3	7,14
Punto di fusione	°C	419
Calore specifico a 20°C	kJ/Kg°C	0,401
Conducibilità Termica a 20°C	W/m °K	109
Conducibilità Elettrica a 20°C	m/ohm mm2	17
Coefficiente dilatazione termica parallelo alla laminazione	mm/m °C	0,022
Coefficiente dilatazione termica trasversale alla laminazione	mm/m °C	0,017
Limite di ricristallizzazione	°C	> 300
Modulo di elasticità	N/mm2	> 80.000
Imbutibilità Erichsen	mm	7-9
Prova di piegatura a 180° 20°C in senso longitudinale	n°	3 minimo
Prova di piegatura a 180° 20°C in senso trasversale	n°	5 minimo
Rigidità	%	40-55
Non magnetico		
Incombustibile		

CARATTERISTICHE TECNICHE E NORME DI RIFERIMENTO

Lo zintek® è una lega Zinco-Rame-Titanio di alto pregio qualitativo rispondente alla normativa europea EN 988 "Zinco e leghe di Zinco-PreSCRIZIONI per prodotti laminati piani e per l'edilizia".

In essa sono stabiliti i requisiti per i prodotti laminati piani di lega Zinco-Rame-Titanio utilizzati in edilizia e forniti sotto forma di nastri, lamiere o bandelle.

La lega deve essere prodotta a partire da Zinco con titolo 99,995 di Zinco di qualità Z1 secondo la norma europea EN 1179 con aggiunta di elementi in lega.

I componenti in lega migliorano le caratteristiche del laminato di Zinco:

- il Titanio aumenta la resistenza alla deformazione permanente nel tempo;
- il Rame aumenta la resistenza a trazione del materiale.

La combinazione di entrambi riduce il coefficiente di dilatazione della lega.

**Norma zintek®: UNI EN 988**

a) - composizione in %

Elemento	contenuto minimo	contenuto massimo
Cu	0,080	1,000
Ti	0,060	0,200
Al	.....	0,015
Zn(1)	resto	resto

(1) Zinco di qualità Z1 (Vedi tabella UNI EN 1179)

**Norma zintek®: UNI EN 988**

b) - caratteristiche meccaniche

Carico unitario di scostamento dalla proporzionalità	0,2% Rp 0,2 N/mm2	100 min
Resistenza a Trazione	Rm N/mm2	150 min
Allungamento percentuale dopo rottura	A50mm %	35 min
Allungamento percentuale a scorrimento	%	0,1 max
Durezza minima	HV	45



Zintek Srl  
Via delle Industrie, 22  
30175 Porto Marghera Venezia

tel +39 041 2901866  
fax +39 041 2901834  
zintek@zintek.it - www.zintek.it

## scheda tecnica



Calcolo delle masse	
Spessore nominale mm	Massa approssimativa Kg/m <sup>2</sup>
0,60	4,3
0,65	4,7
0,70	5,0
0,80	5,8
1,00	7,2

**COMPORAMENTO ALL'AZIONE ATMOSFERICA E  
RESISTENZA ALLA CORROSIONE**

Lo strato protettivo che si forma in seguito al contatto dello Zinco con l'ossigeno e l'acqua consiste in uno strato di carbonato basico di Zinco che salvaguarda il metallo. Questo è il processo naturale di protezione dello Zinco che gli conferisce una lunghissima durata nel tempo.

Durata	
Ambiente	Durata
Rurale	più di 100 anni
Urbano Industriale	60 anni
Agglomerato industriale	40 anni
Marittimo	da 40 a 60 anni

**COMPORAMENTO AL VARIARE DELLA TEMPERATURA**

Il laminato non è influenzato dalle variazioni di temperatura che intervengono dopo la lavorazione e la posa. È tuttavia consigliabile l'utilizzo di riscaldatori ad aria calda per lavorazioni di piegatura a temperature del laminato inferiori ai 10° C.

Il suo punto di fusione è di circa 419° C ed il suo limite di ricristallizzazione, importante per la tecnica di saldobrasatura, pari a 300° C.

Incombustibile è resistente ai raggi ultravioletti, non si conoscono fenomeni di erosione dovuta al vento.

**POSA IN OPERA DELLO ZINTEK®**

I dettagli della posa in opera sono riportati nel manuale *Sviluppo in Architettura*.

Preventivi ed applicativi sono contenuti invece all'interno dei capitoli on-line, disponibili all'indirizzo internet [www.zintek.it](http://www.zintek.it)

**CARATTERISTICHE DI FORNITURA**
**Nastri**

i rotoli di laminato con diametro interno 508 mm (con o senza anima di cartone), protetti da carta impermeabilizzata, vengono alloggiati su appositi bancali in legno, così da permettere la loro facile movimentazione fino all'utilizzo.

**Lastre e bandelle**

vengono tagliate in fogli perfettamente piani su bancali di legno reggettati e protetti da carta impermeabilizzata sul fondo e cartone sulla parte superiore.

**Spessori disponibili**

0,60 - 0,65 - 0,70 - 0,80 - 1,00 mm  
su richiesta possono essere prodotti spessori diversi.

**Larghezze disponibili**

tra 100 mm e 1000 mm  
su richiesta possono essere fornite larghezze inferiori o superiori fino ad un massimo di 1150 mm.

**Lunghezze disponibili**

per le lastre lo standard è 1000 X 2000/3000 mm  
misure diverse devono essere di volta in volta concordate.

**Pesi**

Nastri: variano a seconda delle larghezze, fino ad arrivare ad un peso massimo di circa 7.000 kg per le bobine madri.  
Lastre: in bancali da 500 - 1.000 - 1.500 - 2.000 kg.

**Tolleranze**

Spessore: lo scostamento massimo rispetto allo spessore nominale ordinato non deve risultare maggiore di +/- 0,03.

**Larghezza**

lo scostamento massimo rispetto alla larghezza nominale ordinata non deve risultare maggiore di 0/+2 mm.

**Lunghezza**

lo scostamento massimo rispetto alla lunghezza nominale ordinata della lamiera o della bandella non deve risultare maggiore di 0/+10 mm.

**Rettilinearità**

lo scostamento dalla rettilinearità non deve risultare maggiore di 1,5 mm/m.

**Planarità**



lo scostamento dalla planarità non deve risultare maggiore di 2 mm.




**ASPETTO SUPERFICIALE**

L'aspetto naturale dello zintek® è di colore grigio lucido da laminazione, omogeneo e brillante. Sotto l'azione degli agenti atmosferici la superficie si ricopre di uno strato autoprotettivo che rimane stabile nel tempo e conferisce un naturale invecchiamento con un gradevole aspetto estetico color grigio ardesia. Il processo di ossidazione può cambiare in modo non uniforme le coordinate cromatiche della superficie con conseguenti aree di differenti tonalità di grigio. Questo è solo un processo transitorio che si conclude con una piacevole colorazione omogenea su tutta la superficie. Il suo naturale aspetto può essere variato grazie a particolari trattamenti superficiali di prepatinatura.

DQG 85

 <b>RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (NORMA DIN EN 1627)</b> Burglar resistance (standard DIN EN 1627) / Résistance à l'effraction (norma DIN EN 1627)		
<b>LIVELLO 1 - Sicurezza di base</b> LEVEL 1 - Basic safety NIVEAU 1 - Sécurité de base	Di serie Standard De série	Su fisso, finestra, porta finestra e scorrevole rientrante On fixed, window, french door and tilt and slide system Sur fixe, fenêtre, porte-fenêtre et coulissant à translation
<b>LIVELLO 2 - Sicurezza RC2</b> LEVEL 2 - Safety RC2 NIVEAU 2 - Sécurité RC2	Su richiesta On request Sur demande	Su fisso, finestra, porta finestra e scorrevole rientrante On fixed, window, french door and tilt and slide system Sur fixe, fenêtre, porte-fenêtre et coulissant à translation
<b>LIVELLO 3 - Sicurezza RC3 CERTIFICATA</b> LEVEL 3 - Certified safety RC3 NIVEAU 3 - Sécurité RC3 certifiée	Su richiesta On request Sur demande	Su fisso, finestra e porta finestra On fixed, window and french door Sur fixe, fenêtre et porte-fenêtre




 <b>PRESTAZIONI</b> Performances / Performances	 <b>FINO ALLA CLASSE</b> Up to Class / Jusqu'à la Classe	 <b>NORMA</b> Standard / Norme
<b>PERMEABILITÀ ALL'ARIA</b> Air permeability Perméabilité à l'air	4	DIN EN 12207
<b>TENUTA ALL'ACQUA</b> Watertightness Étanchéité à l'eau	E900	DIN EN 12208
<b>RESISTENZA AL CARICO DEL VENTO</b> Wind load resistance Résistance à la charge du vent	C5	DIN EN 12210




 <b>ISOLAMENTO ACUSTICO*</b> Acoustic insulation* / Isolation phonique*	 R <sub>w</sub>	dB	 <b>NORMA</b> Standard / Norme
<b>CON OPPORTUNO VETRAGGIO FINO A</b> With suitable glazing up to Avec vitrage approprié jusqu'à		47	DIN 4109

 <b>ISOLAMENTO TERMICO</b> Thermal insulation / Isolation thermique				
 <b>NODO</b> Mullion / Meneau	 <b>VETRO</b> Glass / Vitre	 <b>SERRAMENTO*</b> Window* / Huisserie*	 <b>NORMA</b> Standard / Norme	
1,00 W/m <sup>2</sup> k	 <b>DOPPIO VETRO</b> Double glazing Double vitrage	1,00 W/m <sup>2</sup> k	1,10 W/m <sup>2</sup> k	DIN EN ISO 10077 - 1  Canalina Warm Edge - ψ = 0,041 W/mk Warm Edge spacer - ψ = 0,041 W/mk Intercalaire Warm Edge - ψ = 0,041 W/mk
	 <b>TRIPLO VETRO</b> Triple glazing Triple vitrage	0,50 W/m <sup>2</sup> k	0,76 W/m <sup>2</sup> k	



\* Valori relativi ad un infisso campione normalizzato (1230 x 1480 mm)  
 \* Values for standardised sample window (1230 x 1480 mm)  
 \* Valeurs relatives à une fenêtre spécimen normalisée (1230 x 1480 mm)

## DQG 85 SMART PORTONCINI / ENTRANCE DOORS / PORTES D'ENTRÉE

 <b>PRESTAZIONI</b> Performances / Performances	 <b>FINO ALLA CLASSE</b> Up to Class / Jusqu'à la Classe	 <b>NORMA</b> Standard / Norme
<b>PERMEABILITÀ ALL'ARIA</b> Air permeability Perméabilité à l'air	4	DIN EN 12207
<b>TENUTA ALL'ACQUA</b> Watertightness Étanchéité à l'eau	8A	DIN EN 12208
<b>RESISTENZA AL CARICO DEL VENTO</b> Wind load resistance Résistance à la charge du vent	C4	DIN EN 12210

 <b>ISOLAMENTO ACUSTICO*</b> Acoustic insulation* / Isolation phonique* 	dB	 <b>NORMA</b> Standard / Norme
<b>CON OPPORTUNO VETRAGGIO FINO A</b> With suitable glazing up to Avec vitrage approprié jusqu'à	43	EN ISO 717-1

\* Valori relativi ad un infisso campione (1110 x 2220 mm)  
\* Values for a sample window (1110 x 2220 mm)  
\* Valeurs relatives à une huisserie spécimen (1110 x 2220 mm)

 <b>ISOLAMENTO TERMICO</b> Thermal insulation / Isolation thermique				
 <b>NODO</b> Mullion / Meneau	 <b>VETRO</b> Glass / Vitre	 <b>SERRAMENTO**</b> Window** / Huisserie**	 <b>NORMA</b> Standard / Norme	
1,30 W/m <sup>2</sup> k	 <b>DOPPIO VETRO</b> Double glazing Double vitrage	1,00 W/m <sup>2</sup> k	1,20 W/m <sup>2</sup> k	DIN EN ISO 10077 - 1  Canalina Warm Edge - ψ = 0,041 W/mk Warm Edge spacer - ψ = 0,041 W/mk Intercalaire Warm Edge - ψ = 0,041 W/mk
	 <b>TRIPLO VETRO</b> Triple glazing Triple vitrage	0,50 W/m <sup>2</sup> k	0,87 W/m <sup>2</sup> k	

\*\* Valori relativi ad un infisso campione normalizzato (1230 x 1480 mm)  
\*\* Values for standardised sample window (1230 x 1480 mm)  
\*\* Valeurs relatives à une fenêtre spécimen normalisée (1230 x 1480 mm)



### 33.1 (16 Argon 90) 33.1 [Swisspacer Ultimate Pro]

Deposito: PLANITHERM CLEAR 1.0 #4

Elaborato da: Fabio Lo Gerfo

Elaborato il: 23/06/2025

Catalogo prodotti: Italia

Norme: EN410:2011

#### Tipo di vetrata



	<b>Vetrata 1</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PLANICLEAR (3mm) - Ricotto</li> <li>• PVB STANDARD (0.38mm)</li> <li>• PLANICLEAR (3mm) - Ricotto</li> <li>• PLANITHERM CLEAR 1.0</li> </ul>
	<b>Intercapedine 1</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argon 90% 16 mm</li> <li>• Swisspacer Ultimate Pro</li> </ul>
	<b>Vetrata 2</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PLANICLEAR (3mm) - Ricotto</li> <li>• PVB STANDARD (0.38mm)</li> <li>• PLANICLEAR (3mm) - Ricotto</li> </ul>

<b>Swisspacer Ultimate Pro</b>	
Valori Psi ( $\Psi_g$ ) per il vetrocamera 4-16-4 ( $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{.K}$ )	
<b>Per le finestre</b>	
Metallo con taglio termico	0.036 W/(m.K)
Plastica	0.031 W/(m.K)
Legno	0.031 W/(m.K)
Legno / Metallo	0.033 W/(m.K)
<b>Per i profili di facciata</b>	
Legno / Metallo	0.055 W/(m.K)
Metallo con taglio termico (di = 100 mm)	0.074 W/(m.K)
Metallo con taglio termico (di = 200 mm)	0.078 W/(m.K)
Fonte: direttiva ift Rosenheim WA-08/3 e WA-22/2 (gruppo di lavoro "Warm edge") / schede tecniche delle finestre del Bundesverband Flachglas (Associazione tedesca del vetro piano)	

#### Dati simulati sulle prestazioni

	<b>Fattori Luminosi</b>	<b>CIE015:2018</b>
	Trasmissione Luminosa (TL)	73%
	Riflessione esterna (RLe)	20%
	Riflessione interna (RLi)	18%
	<b>Fattori energetici</b>	<b>EN410:2011</b>
	Trasmissione energetica (TE)	42%
	UV (Tuv)	N/A
	Riflessione energetica esterna (Ree)	33%
	Riflessione energetica interna (Rei)	32%
	Assorbimento energetico A1 (AE1)	22%
	Assorbimento energetico A2 (AE2)	3%
	<b>Fattore solare</b>	<b>EN410:2011</b>
	Fattore solare (g)	0.46
	Coefficiente di ombreggiamento (SC)	0.52
	<b>Trasmittanza termica</b>	<b>EN673:2011</b>
	Ug	1.0 W/(m <sup>2</sup> .K)
	Angolo relativo alla verticale	0°
	<b>Acustica</b>	<b>EN 12758</b>
	<i>Valori acustici in accordo alla EN 12758 e da ente notificato</i>	
	Rw (C;Ctr)	35 (-1; -5) dB
	Ra	34 dB
	Ra,tr	30 dB
	STC (ASTM E413)	N/A
	OITC (ASTM E1332)	N/A
	<b>Resa colore</b>	<b>CIE015:2018</b>
	Trasmissione (Ra)	97.2
	Riflessione (Ra)	94
	<b>Classe di sicurezza</b>	<b>EN12600</b>
	Resistenza al pendolo	2B2/2B2
	<b>Anti-effrazione</b>	<b>EN356</b>
	Resistenza all'effrazione	NPD
	<b>Dimensioni di produzione</b>	
	Spessore nominale	28.8 mm
	Peso	31 kg/m <sup>2</sup>
	<b>Sostenibilità</b>	
	Impronta di Carbonio	
	<i>Il valore è calcolato sulla base della configurazione in relazione alla norma EN 15804+A2 (2019)</i>	
	Riscaldamento Globale Potenziale (GWP) - A1-A3	<b>EN 15804+A2 (2019)</b>
	(kg, CO <sub>2</sub> equiv/m <sup>2</sup> ) Media europea	53



Calumen® calcola le caratteristiche fotometriche e la trasmissione termica del vetro utilizzando degli algoritmi di calcolo che soddisfano le seguenti normative: quella Europea EN410 e EN673, la norma internazionale ISO9050, quella Giapponese JIS R3106/3107 e quella Coreana KS L 2514/2525. Il risultato funzionale e i metodi di calcolo che segue Calumen® per le norme EN410 e EN673 sono state validate dal TÜV Rheinland (rapporto 8922153-01). Le prestazioni tecniche ottenute in accordo a queste norme sono fornite al solo scopo informativo e sono soggette a verifica. Soltanto i valori presenti nella dichiarazione di prestazione disponibile nella sezione MARCATURA CE del sito Saint-Gobain Building Glass sono ufficiali. L'indice di attenuazione acustica è misurato in condizioni di laboratorio in accordo con la norma EN ISO 10140 e EN12758. Gli indici calcolati sono forniti al solo scopo informativo e la loro precisione rientra in un limite di +/-2dB. Il calcolo dello spessore del vetro soddisfa la versione 2012 descritta nelle DTU39. L'UTENTE è il solo responsabile della garanzia che siano state inserite le corrette ipotesi di calcolo e che le DTU39 siano state applicate correttamente per il progetto in corso.

## Intervento VMC

16/12/25, 18:45

EBLA-DW17 | Daikin

### Specifiche Tecniche EBLA-DW17

				EBLA16DAW17		
Capacità di riscaldamento	Nom.		kW	16.0 (2) (1)		
Capacità di Raffrescamento	Capacità di Raffrescamento--Nom.--kW		kW	14.0 (3), 15.3 (4)		
Potenza assorbita	Raffrescamento	Nom.	kW	4.58 (3), 3.24 (4)		
	Riscaldamento	Nom.	kW	3.53 (1), 4.56 (2)		
COP				4.53 (1), 3.51 (2)		
EER				3.06 (3), 4.74 (4)		
Dimensioni	Unità		Altezza	mm	870	
			Larghezza	mm	1380	
			Profondità	mm	460	
Peso	Unità		kg	147		
Ventilatore	Portata d'aria	Riscaldamento	Alta	m <sup>3</sup> /min	85.0	
		Raffrescamento	Alta	m <sup>3</sup> /min	85.0	
Campo di funzionamento	Riscaldamento	Lato acqua	Min.	°C	9 (6)	
			Max.	°C	60 (6)	
	Raffrescamento	T. esterna	Min.	°CBS	10	
			Max.	°CBS	43	
		Lato acqua	Min.	°C	5	
			Max.	°C	22	
	Acqua calda sanitaria	T. esterna	Min.	°CBS	-25	
			Max.	°CBS	35	
		Lato acqua	Min.	°C	25	
			Max.	°C	55 (6)	
	Refrigerante	Tipo		R-32		
		GWP		675		
Carica		kg	3.80			
Refrigerante--Carica--TCO2Eq		tCO2Eq	2.57			
Riscaldamento ambienti	Uscita acqua condizioni climatiche medie 55°C	Generale	SCOP	3.37		
Risc. amb.	Uscita acqua cond. clim. medie 55°C	Generale	Classe efficienza stagionale Risc. amb.	A++		

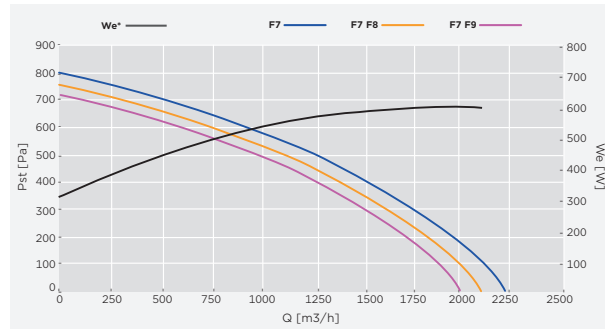
16/12/25, 18:45

EBLA-DW17 | Daikin

Riscaldamento ambienti	Uscita acqua condizioni climatiche medie 35°C	Generale	SCOP		4.69
Risc. amb.	Uscita acqua cond. clim. medie 35°C	Generale	Classe efficienza stagionale Risc. amb.		A+++
Gruppo compressore	Alimentazione principale		Fase		3N~
			Tensione	V	400
Alimentazione	Nome				W1
	Fase				3~
	Frequenza			Hz	50
	Tensione			V	400
Note	(1) - Stato: Ta BS/BU 7°C/6°C - LWC 35°C (DT = 5°C)				
	(2) - Stato: Ta BS/BU 7°C/6°C - LWC 45°C (Dt=5°C)				
	(3) - Raffreddamento: EW 12°C; LW 7°C; temperatura esterna: 35°CBS				
	(4) - Raffreddamento: EW 23°C; LW 18°C; temperatura esterna: 35°CBS				
	(5) - Conforme a EN14825				
	(6) - Per maggiori dettagli, vedere i disegni relativi al campo di funzionamento				
	(7) - Dipende dal tipo di funzionamento; consultare il manuale di installazione				

^

# RCE-EC-2000-DP



\*Valori riferiti a due ventilatori / \*Values referring to two fans

- Unità di ventilazione non residenziale (UVNR)
- Equipaggiati con motore EC monofase ad alta efficienza
- Sistema di recupero calore tipo aria/aria
- Tipo azionamento: regolazione 10V
- Serranda di by-pass motorizzata controllabile automaticamente e/o manualmente tramite schermo di controllo
- Dotato di serie di una sonda per il rilevamento della temperatura dell'aria interna e di una per quella esterna.
- Equipaggiato con pressostato differenziale per il monitoraggio del livello di intasamento dei filtri.
- Scambiatore di calore a flussi controcorrente certificati Eurovent
- Conformità ErP 2018

- Non-residential ventilation unit (NRVU)
- Equipped with single-phase EC (high efficiency) electrical fans
- Heat recovery system: air/air
- Installed drive: 10 V regulation
- Motorized by-pass facility can be controlled manually and automatically through remote display
- All units are equipped with two temperature sensors, one for inside air and one for outside air
- All units are equipped with a differential static pressure sensor for monitoring the level of contamination of filters
- Eurovent certified counter flow heat exchanger
- ErP 2018 conformity

## MASSIMA EFFICIENZA TERMICA DEL RECUPERO DI CALORE / MAXIMUM THERMAL EFFICIENCY OF HEAT RECOVERY

MASSIMA EFFICIENZA TERMICA DEL RECUPERO DI CALORE / MAXIMUM THERMAL EFFICIENCY OF HEAT RECOVERY					
Portata nominale @ 50 [Pa]	Air flow rate @ 50 [Pa]	[m³/h]	<b>2150</b>	[m³/s]	<b>0,597</b>
Portata nominale @ 150 [Pa]	Air flow rate @ 150 [Pa]	[m³/h]	<b>2000</b>	[m³/s]	<b>0,555</b>

DATI NOMINALI (ECODESIGN: direttiva 2009/125/CE, regolamento n. 1253/2014) / NOMINAL DATA (ECODESIGN: directive 2009/125/CE, regulation n. 1253/2014)			
Portata nominale (qnom)	Nominal flow rate (qnom)	[m³/h]	<b>2060</b>
		[m³/s]	<b>0,555</b>
Potenza elettrica assorbita (We,eff)	Effective electric power input (We,eff)	[W]	<b>1160</b>
Potenza specifica interna di ventilazione dei componenti della ventilazione (SFPint)	Internal specific fan power of ventilation components (SFPint)	[W/(m³/s)]	<b>999</b>
Potenza specifica interna di ventilazione dei componenti della ventilazione, limite 2018	Internal specific fan power of ventilation components, 2018 limit	[W/(m³/s)]	<b>1077</b>
Velocità frontale alla portata di progettazione	Face velocity at design flow rate	[m/s]	<b>1,5</b>
Pressione esterna nominale (Δps,ext)	Nominal external pressure (Δps,ext)	[Pa]	<b>385</b>
Caduta di pressione interna dei componenti della ventilazione (Δps,int), mandata	Internal pressure drop of ventilation components (Δps,int), supply	[Pa]	<b>266</b>
Caduta di pressione interna dei componenti della ventilazione (Δps,int), ripresa	Internal pressure drop of ventilation components (Δps,int), exhaust	[Pa]	<b>275</b>
Efficienza termica del recupero di calore (nt, aria secca, ΔT 20 [°C])	Thermal efficiency of heat recovery (nt, dry air, ΔT 20 [°C])	[%]	<b>75</b>
Efficienza statica ventilatori (come da regolamento UE n. 327/2011)	Fans static efficiency (according to UE regulation n. 327/2011)	[%]	<b>51,8</b>
Potenza sonora sulla cassa (LWA)	Casing sound power level (LWA)	[dB(A)]	<b>56</b>
Trafilamento esterno	Maximum external leakage rate	max 3,5 @ -400 Pa	<b>(EN 13141-7)</b>
Trafilamento interno	Maximum internal leakage rate	max 5,5 @ +250 Pa	<b>(EN 13141-7)</b>

# RCE-EC-2000-DP



## DATI NOMINALI MOTORI ELETTRICI / ELECTRIC MOTORS NOMINAL DATA

DATI NOMINALI MOTORI ELETTRICI / NOMINAL DATA OF ELECTRIC MOTORS					
Volt [V]	Fase / Phase	Freq. [Hz]	Inom1 [A]	Potnom1 [W]	Vnom1 [rpm]
230 +- 15%	1 -	50/60	2,5x2	580x2	2760

(1) alori riferiti ad una tensione di regolazione pari a 10 V e alla portata nominale / Assuming working voltage is 10 V.

## DIMENSIONI / DIMENSIONS

A1	A2	B	C	D	øE	F	G	H	L	M	Kg H	Kg V
1380	1380	1200	1440	600	355	340	700	100	1650	670	200	215

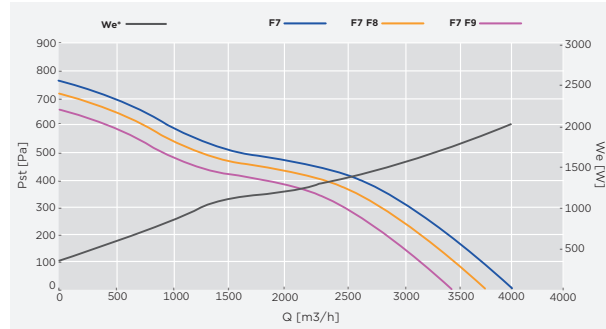
**VERTICALE**  
RCE/V

Packaging: L x H x P  
N. 1 filtro per lato; dimensioni 600x550x48 [mm]

**ORIZZONTALE**  
RCE/H

Packaging: L x H x P  
N. 1 filtro per side; dimensions 600x550x48 [mm]

# RCE-EC-3800-DP



\*Valori riferiti a due ventilatori / \*Values referring to two fans

- Unità di ventilazione non residenziale (UVNR)
- Equipaggiati con motore EC monofase ad alta efficienza
- Sistema di recupero calore tipo aria/aria
- Tipo azionamento: regolazione 10V
- Serranda di by-pass motorizzata controllabile automaticamente e/o manualmente tramite schermo di controllo
- Dotato di serie di una sonda per il rilevamento della temperatura dell'aria interna e di una per quella esterna.
- Equipaggiato con pressostato differenziale per il monitoraggio del livello di intasamento dei filtri.
- Scambiatore di calore a flussi controcorrente certificati Eurovent
- Conformità ErP 2018

- Non-residential ventilation unit (NRVU)
- Equipped with single-phase EC (high efficiency) electrical fans
- Heat recovery system: air/air
- Installed drive: 10 V regulation
- Motorized by-pass facility can be controlled manually and automatically through remote display
- All units are equipped with two temperature sensors, one for inside air and one for outside air
- All units are equipped with a differential static pressure sensor for monitoring the level of contamination of filters
- Eurovent certified counterflow heat exchanger
- ErP 2018 conformity

## MASSIMA EFFICIENZA TERMICA DEL RECUPERO DI CALORE / MAXIMUM THERMAL EFFICIENCY OF HEAT RECOVERY

MASSIMA EFFICIENZA TERMICA DEL RECUPERO DI CALORE / MAXIMUM THERMAL EFFICIENCY OF HEAT RECOVERY					
Portata nominale @ 50 [Pa]	Air flow rate @ 50 [Pa]	[m³/h]	<b>3800</b>	[m³/s]	<b>1,055</b>
Portata nominale @ 150 [Pa]	Air flow rate @ 150 [Pa]	[m³/h]	<b>3500</b>	[m³/s]	<b>0,933</b>

DATI NOMINALI (ECODESIGN: direttiva 2009/125/CE, regolamento n. 1253/2014) / NOMINAL DATA (ECODESIGN: directive 2009/125/CE, regulation n. 1253/2014)			
Portata nominale (qnom)	Nominal flow rate (qnom)	[m³/h]	<b>3500</b>
		[m³/s]	<b>0,933</b>
Potenza elettrica assorbita (We,eff)	Effective electric power input (We,eff)	[W]	<b>1500</b>
Potenza specifica interna di ventilazione dei componenti della ventilazione (SFPint)	Internal specific fan power of ventilation components (SFPint)	[W/(m³/s)]	<b>1040</b>
Potenza specifica interna di ventilazione dei componenti della ventilazione, limite 2018	Internal specific fan power of ventilation components, 2018 limit	[W/(m³/s)]	<b>1068</b>
Velocità frontale alla portata di progettazione	Face velocity at design flow rate	[m/s]	<b>2,15</b>
Pressione esterna nominale (Δps,ext)	Nominal external pressure (Δps,ext)	[Pa]	<b>538</b>
Caduta di pressione interna dei componenti della ventilazione (Δps,int), mandata	Internal pressure drop of ventilation components (Δps,int), supply	[Pa]	<b>288</b>
Caduta di pressione interna dei componenti della ventilazione (Δps,int), ripresa	Internal pressure drop of ventilation components (Δps,int), exhaust	[Pa]	<b>276</b>
Efficienza termica del recupero di calore (nt, aria secca, ΔT 20 [°C])	Thermal efficiency of heat recovery (nt, dry air, ΔT 20 [°C])	[%]	<b>75</b>
Efficienza statica ventilatori (come da regolamento UE n. 327/2011)	Fans static efficiency (according to UE regulation n. 327/2011)	[%]	<b>52,8</b>
Potenza sonora sulla cassa (LWA)	Casing sound power level (LWA)	[dB(A)]	<b>61</b>
Trafilamento esterno	Maximum external leakage rate	max 3,5 @ -400 Pa	<b>(EN 13141-7)</b>
Trafilamento interno	Maximum internal leakage rate	max 5,5 @ +250 Pa	<b>(EN 13141-7)</b>

# RCE-EC-3800-DP



**DATI NOMINALI MOTORI ELETTRICI / ELECTRIC MOTORS NOMINAL DATA**

DATI NOMINALI MOTORI ELETTRICI / NOMINAL DATA OF ELECTRIC MOTORS					
Volt [V]	Fase / Phase	Freq. [Hz]	Inom1 [A]	Potnom1 [W]	Vnom1 [rpm]
230 + - 15%	1 -	50/60	7,5x2	1500x2	2000

(1) Valori riferiti ad una tensione di regolazione pari a 10 V e alla portata nominale. / Assuming working voltage is 10 V.

**DIMENSIONI / DIMENSIONS**

A1	A2	B	C	D	øE	F	G	H	L	M	Kg H	Kg V
1380	1380	1200	1440	750	350	325	730	100	1550	800	195,0	210,0

**VERTICALE  
RCE/V**

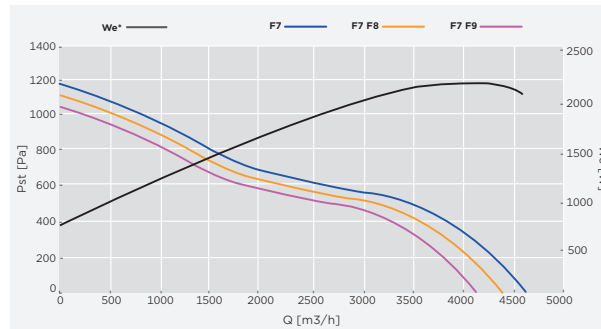
Packaging: L x H x P  
N. 1 filtro per lato; dimensioni 600x695x48 [mm]

**ORIZZONTALE  
RCE/H**

Packaging: L x H x P  
N. 1 filtro per side; dimensions 600x695x48 [mm]



# RCE-EC-4500-DP



\*Valori riferiti a due ventilatori / \*Values referring to two fans

- Unità di ventilazione non residenziale (UVNR)
- Equipaggiati con motore EC monofase ad alta efficienza
- Sistema di recupero calore tipo aria/aria
- Tipo azionamento: regolazione 10V
- Serranda di by-pass motorizzata controllabile automaticamente e/o manualmente tramite schermo di controllo
- Dotato di serie di una sonda per il rilevamento della temperatura dell'aria interna e di una per quella esterna.
- Equipaggiato con pressostato differenziale per il monitoraggio del livello di intasamento dei filtri.
- Scambiatore di calore a flussi controcorrente certificati Eurovent
- Conformità ErP 2018

- *Non-residential ventilation unit (NRVU)*
- *Equipped with single-phase EC (high efficiency) electrical fans*
- *Heat recovery system: air/air*
- *Installed drive: 10 V regulation*
- *Motorized by-pass facility can be controlled manually and automatically through remote display*
- *All units are equipped with two temperature sensors, one for inside air and one for outside air*
- *All units are equipped with a differential static pressure sensor for monitoring the level of contamination of filters*
- *Eurovent certified counterflow heat exchanger*
- *ErP 2018 conformity*

## MASSIMA EFFICIENZA TERMICA DEL RECUPERO DI CALORE / MAXIMUM THERMAL EFFICIENCY OF HEAT RECOVERY

MASSIMA EFFICIENZA TERMICA DEL RECUPERO DI CALORE / MAXIMUM THERMAL EFFICIENCY OF HEAT RECOVERY					
Portata nominale @ 50 [Pa]	Air flow rate @ 50 [Pa]	[m <sup>3</sup> /h]	<b>4500</b>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>1,25</b>
Portata nominale @ 150 [Pa]	Air flow rate @ 150 [Pa]	[m <sup>3</sup> /h]	<b>4300</b>	[m <sup>3</sup> /s]	<b>1,19</b>

## DATI NOMINALI (ECODESIGN: direttiva 2009/125/CE, regolamento n. 1253/2014) / NOMINAL DATA (ECODESIGN: directive 2009/125/CE, regulation n. 1253/2014)

Portata nominale (qnom)	Nominal flow rate (qnom)	[m <sup>3</sup> /h]	<b>4300</b>
		[m <sup>3</sup> /s]	<b>1,19</b>
Potenza elettrica assorbita (We,eff)	Effective electric power input (We,eff)	[W]	<b>2000</b>
Potenza specifica interna di ventilazione dei componenti della ventilazione (SFPint)	Internal specific fan power of ventilation components (SFPint)	[W/(m <sup>3</sup> /s)]	<b>1069</b>
Potenza specifica interna di ventilazione dei componenti della ventilazione, limite 2018	Internal specific fan power of ventilation components, 2018 limit	[W/(m <sup>3</sup> /s)]	<b>1071</b>
Velocità frontale alla portata di progettazione	Face velocity at design flow rate	[m/s]	<b>2,5</b>
Pressione esterna nominale (Δps,ext)	Nominal external pressure (Δps,ext)	[Pa]	<b>500</b>
Caduta di pressione interna dei componenti della ventilazione (Δps,int), mandata	Internal pressure drop of ventilation components (Δps,int), supply	[Pa]	<b>230</b>
Caduta di pressione interna dei componenti della ventilazione (Δps,int), ripresa	Internal pressure drop of ventilation components (Δps,int), exhaust	[Pa]	<b>250</b>
Efficienza termica del recupero di calore (nt, aria secca, ΔT 20 [°C])	Thermal efficiency of heat recovery (nt, dry air, ΔT 20 [°C])	[%]	<b>78</b>
Efficienza statica ventilatori (come da regolamento UE n. 327/2011)	Fans static efficiency (according to UE regulation n. 327/2011)	[%]	<b>44,5</b>
Potenza sonora sulla cassa (LWA)	Casing sound power level (LWA)	[dB(A)]	<b>61</b>
Trafilamento esterno	Maximum external leakage rate	max 3,5 @ -400 Pa	<b>(EN 13141-7)</b>
Trafilamento interno	Maximum internal leakage rate	max 5,5 @ +250 Pa	<b>(EN 13141-7)</b>

# RCE-EC-4500-DP



**DATI NOMINALI MOTORI ELETTRICI / ELECTRIC MOTORS NOMINAL DATA**

DATOS NOMINALES MOTORES ELÉCTRICOS / ELECTRIC MOTORS NOMINAL DATA					
Volt [V]	Fase / Phase	Freq. [Hz]	Inom1 [A]	Potnom1 [W]	Vnom1 [rpm]
230 + - 15%	1 -	50/60	8,5x2	2000x2	1979

(1) Valori riferiti ad una tensione di regolazione pari a 10 V e alla portata nominale. / Assuming working voltage is 10 V.

**DIMENSIONI / DIMENSIONS**

A1	A2	B	C	D	øE	F	G	H	L	M	Kg H	Kg V
1505	1505	1410	1470	750	350	340	930	100	1800	850	290	320

**VERTICALE  
RCE/V**

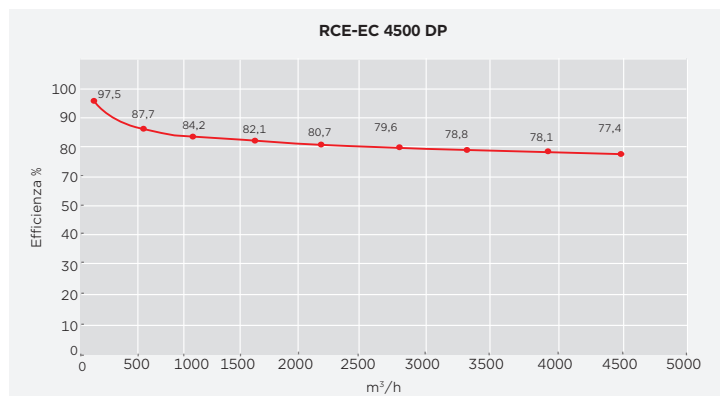


Packaging: L x H x P  
N. 1 filtro per lato; dimensioni 700x695x48 [mm]

**ORIZZONTALE  
RCE/H**



Packaging: L x H x P  
N. 1 filter per side; dimensioni 700x695x48 [mm]



# Fybra Home

## Technical Datasheet

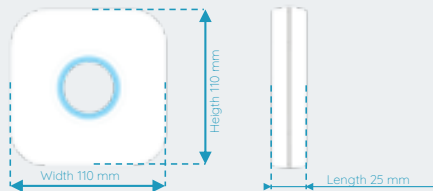


### What is Fybra Home

Fybra is a smart sensor of indoor air quality based on a predictive and adaptive algorithm. Fybra autonomously learns specific indoor air quality and comfort patterns for each ambient. It is able to define the optimal time for natural ventilation by calculating the best time of windows opening. Furthermore, Fybra algorithm can work with mechanical ventilation systems to guarantee indoor air quality when there are not operable windows. It has been designed with primary Italian design companies with reference on color nuances and people reactions. Its envelope has been thought for the better airflow through stack ventilation. Red tells you when to open the window, purple shows that the air quality is improving while light blue tells you when to close the window, as the indoor quality is good.

### Dimensions

- Width: 110 mm
- Height: 110 mm
- Length: 25 mm



### Power Supply

- Input: 110 – 240 V 50/60 Hz 0,5 A
- Output: 5V – 2,1 A Direct Current

### CO<sub>2</sub> Sensor

- Photoacoustic sensor technology PASens®
- Digital I<sup>2</sup>C interface
- Output range: 0 ppm to 40.000 ppm
- Accuracy: ± 50 ppm + 5 % from 400 to 2.000 ppm

### VOC Sensor

- MOx based gas sensor
- Digital I<sup>2</sup>C interface
- Output range: 0 to 500 VOC Index
- Measurement Range (TVOC): 0 to 1.000 ppm
- Limit of detection: < 0.05 ppm of ethanol equivalents or < 10 % of concentration setpoint, whichever is larger

### Temperature Sensor

- Output range: -10°C to 60°C
- Accuracy:
  - ± 0,8 °C from 15 °C to 35 °C
  - ± 1,5 °C from -10 °C to 60 °C

### Humidity Sensor

- Output range: 0% to 100%
- Accuracy:
  - ± 6% from 15 °C to 35 °C, 20% - 65 %
  - ± 9% from -10 °C to 60 °C, 0% - 100%

### Connection and Communication

Fybra supports WIFI connection. When the device is connected to the WIFI network, it communicates through MQTT protocol. MQTT protocol must be always authorized. Fybra communicates the data every 3 minutes, while the sample time is equal to 1 minute.

If requested, Fybra team makes API available to exploit Fybra Outputs with other systems.



## VOLANO BS CALDO/FREDDO

ACCUMULATORI COIBENTATI MAGGIORATI GREZZI PER IMPIANTI CALDO/FREDDO



### IMPIEGO E INFORMAZIONI TECNICHE

Gli accumulatori per impianti caldo/freddo GC VT MAGGIORATI sono destinati agli impianti a funzionamento annuale, nei quali in estate vi è necessità di accumulare acqua refrigerata ed in inverno acqua calda di riscaldamento in impianti reversibili caldo-freddo. Questi accumulatori permettono di migliorare il funzionamento dell'impianto limitando il numero delle accensioni orarie del generatore (sia esso refrigeratore, pompa di calore o generatore convenzionale) e, aumentando l'inerzia termica del circuito, permettendo di ottenere temperature di funzionamento più stabili.

### MATERIALI E FINITURE

Acciaio al carbonio verniciato esternamente, internamente non trattato.

### RIVESTIMENTO ESTERNO

Scai colore grigio e rosette in PVC nero a finitura dei manicotti.

### COIBENTAZIONE

Coibentazione maggiorata: strato coibente interno in polietilene espanso a cellule chiuse non autoestinguente sp. 20 mm incollato al corpo dell'accumulatore (non rimovibile) accoppiato con strato coibente esterno in fibra di poliestere spessore ad elevato isolamento termico, materiale con classe di resistenza al fuoco B-s2d0 in conformità alla norma EN13501.

### GARANZIA

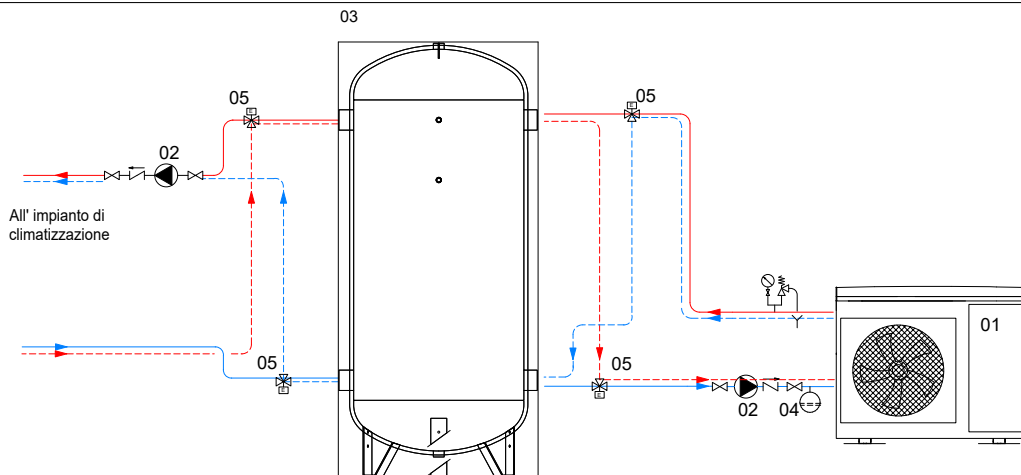
2 anni Vedi condizioni generali di vendita.



### VOLANO BS GCF

COIBENTAZIONE 20 mm		CLASSE ENERGETICA
Modello	NON AUTOESTINGUENTE+ fibra di poliestere	ErP
CODICE		
500	3001162150004	C
800	3001162150005	C
1000	3001162150006	C
1500	3001162150007	C
2000	3001162150008	C
2500	3001162150009	
3000	3001162310510	
4000	3001162310511	
5000	3001162310512	

### ESEMPIO DI SCHEMA DI IMPIANTO CON VOLANO BS CALDO/FREDDO



- |                       |                                   |                  |
|-----------------------|-----------------------------------|------------------|
| 01 Generatore termico | 03 Volano termico BS CALDO-FREDDO | 05 Valvola 3 vie |
| 02 Circolatore        | 04 Vaso di espansione             |                  |

Gli schemi riportati sono puramente illustrativi. Per la realizzazione di impianti fare sempre riferimento ad un tecnico progettista abilitato.



Prodotti progettati e realizzati per l'utilizzo entro i limiti di temperatura e di pressione dell'Art. 4.3 della Direttiva 2014/68/EU (PED)

## Intervento relamping



# Pannello CoreLine gen6

## RC132V G6 50S/840 PSD W60L60 OC

Pannello CoreLine gen6, 38 W, 600x600 mm, VPC, 5000 lm, 4000 K, DALI, UGR19

Philips CoreLine Panel Gen6 mantiene la promessa CoreLine di offrire innovazione, semplicità di installazione e illuminazione eccellente. Progettata come sostituto diretto di apparecchi funzionali nelle applicazioni di illuminazione generale, l'innovativa funzionalità All-in del pannello LED offre tre pacchetti lumen e tre temperature di colore in un unico apparecchio. Diventa così più semplice scegliere il prodotto giusto e rispondere con flessibilità alle preferenze dei clienti in loco e sarà sufficiente stoccare un minor numero di codici prodotto a magazzino. Anche l'installazione del pannello LED CoreLine RC132V è semplice e rapida, grazie a un connettore rapido o Flywire. La gamma CoreLine include gli apparecchi Interact ready con comunicazione wireless integrata, pronti per essere utilizzati con gateway, sensori e software Interact.

### Dati del prodotto

Informazioni generali		Rating di sostenibilità	
Numero di riduttori	1 unità	-	
Driver incluso	Sì	Dati tecnici di illuminazione	
Service tag	Sì	Flusso luminoso	5.000 lm
Tier	Performance	Temperatura di colore correlata (Nom)	4000 K
Classificazione di manutenibilità	Apparecchio per illuminazione di Classe C senza parti riparabili dall'utente, non riparabile	Efficienza luminosa (specificata) (Nom)	130 lm/W
Periodo di garanzia	5 anni	Indice di resa cromatica (CRI)	>80
		Angolo del fascio della sorgente luminosa	90 °
		Cotore sorgente luminosa	840 bianco neutro
		Tipo di ottica	Angolo del fascio 90°

## Pannello CoreLine gen6

Ampiezza fascio luminoso dell'apparecchio d'illuminazione	90°
Fattore di abbagliamento UGR CEN	19

### Funzionamento e parte elettrica

Tensione in ingresso	Da 220 a 240 V
Frequenza di linea	50 or 60 Hz
Corrente di spunto	26,8 A
Tempo di spunto	0,264 ms
Consumo energetico	38 W
Fattore di potenza (frazione)	0.9
Connessione	Connettore a pressione 4 poli
Cavo	-
Numero di prodotti sotto interruttore magnetotermico (16A tipo B)	15
Adatto per la commutazione casuale	Non applicabile
Classe di protezione IEC	Classe di isolamento II
Distorsione armonica totale	20 %

### Controlli e dimmerazione

Dimmerabile	Si
Driver/unità alimentazione/trasformatore	Unità di alimentazione con interfaccia DALI
Interfaccia di controllo	DALI
= Emissione luminosa costante	No
Standard DALI	DALI-2™
Livello massimo di attenuazione	1%

### Meccanica e corpo

Materiale del corpo	Acciaio
Materiale del riflettore	Acrilato
Materiale ottico	Polistirene
Materiale copertura ottica/lenti	Polistirene
Materiale fissaggio	-
Colore alloggiamento	Bianco
Finitura copertura ottica/lenti	Lente microprismatica
Lunghezza complessiva	595 mm
Larghezza complessiva	595 mm
Altezza complessiva	63 mm
Dimensioni (Altezza x Larghezza x Profondità)	63 x 595 x 595 mm
Tipo di accessorio compatibile per installazione a soffitto	Visibile profile ceiling version
e una gestione termica	IP20/44 [Protetto contro l'accesso con un dito; protetto contro l'accesso con un filo, a prova di schizzi]
Codice di protezione dagli impatti meccanici	IK02 [0,2 J standard]
Dispositivo di sicurezza	SC [Cavo di sicurezza]

Peso netto (Pezzo)	2.180 kg
--------------------	----------

### Funzionamento di emergenza

Emergenza centralizzata	No
-------------------------	----

### Approvazione e applicazione

Test filo incandescente	Temperatura 650 °C, durata 30 s
Marchio di infiammabilità	Per montaggio su superfici normalmente infiammabili
Marchio CE	Si
Marchio ENEC	Marchio ENEC
Rischio fotobiologico	Photobiological risk group 0 @200mm to EN62778
Rischio fotobiologico	0,2 m
Conformità a RoHS EU	Si
Temperatura ambiente performance Tq	25 °C
Valore di tremolio (PstLM)	1
Effetto stroboscopico	0,4
Intervallo temperatura ambiente	Da -10 a +35 °C

### Performance iniziale (conforme a IEC)

Tolleranza al flusso luminoso	-10% / +10%
Cromaticità iniziale	(0.38, 0.38) SDCM ≤3
Tolleranza consumo energetico	+/-10%

### Performance nel tempo (conforme a IEC)

Frequenza di guasto dell'alimentatore di controllo alla vita utile media di 50.000 h	5 %
Mantenimento lumen (EN-IEC 62722-2-1) alla durata utile media* di 50000 h	L85
Mantenimento lumen alla vita utile media* 100.000 ore	L75

### Dati del prodotto

Nome prodotto ordine	RC132V G6 50S/840 PSD W60L60 OC
Nome completo prodotto	RC132V G6 50S/840 PSD W60L60 OC
Full EOC	872016974984999
Descrizione codice locale	74984999
Codice d'ordine	74984999
Codice materiale (I2NC)	911401800387
Codice locale	74984999
Numeratore - Quantità per confezione	1
EAN/UPC - Prodotto/scatola	8720169749849
Numeratore - Confezioni per scatola esterna	4
EAN/UPC - Case	8720169750104

## LAMPADADIRETTA.IT



Scheda tecnica Ledvance Tubo LED T8 Performance (Esterno Power) 15W 2400lm - 840 Bianco Freddo | 120cm - Dimmerabile - Sostitutiva 36W

[Visualizza il prodotto](#)

### Dati tecnici

SKU	245875
EAN	4058075730595
Marca	Ledvance
Nome del fabbricante	LEDTUBE T8 EXT P 1200 15W 840 LEDV
Quantità confezione bulk	25
Garanzia Totale di Lampadadiretta	5 anni
Classe efficienza energetica	D
Vita Media Utile (ora)	50000
Voltaggio (V)	42

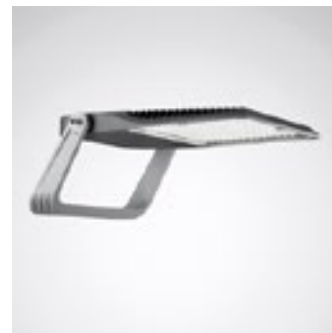
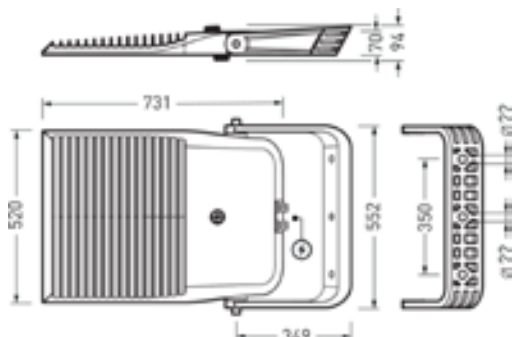
### Informazioni tecniche

Tecnologia	LED
Sostituto (Watt)	36
Potenza Lampada	15
Dimmerabile	Sì, dimmerabile
Attacco	G13
Ruotabile	No
Codice Colore	840 Bianco Freddo
Colore della Luce (Kelvin)	4000 Bianco Freddo
Indice di Resa Cromatica (Ra)	80-89 - Buona resa cromatica
Colore Chiaro	Bianco
Impostazione del Colore	Colore unico



**LnPlus 70-AM19L/42000-740 36G1 ETDD**

TOC: 8122051



**Caratteristiche e specifiche del prodotto**

<b>Settori d'impiego</b>	Illuminazione d'accento/Cantieri edili/Spazi per container/Posti magazzino/Parchi/Campi sportivi/Campi da tennis	
<b>Tipo di apparecchio</b>	Proiettori a LED per l'illuminazione di superfici.	
<b>Lampada</b>	Sistema a LED costituito da 36 moduli LED MLT con 4 LED ciascuno.	
<b>Tipi di montaggio</b>	Testa-palo a disposizione/Montaggio di allestimento/Montaggio a plafone	
<b>Ottica apparecchio</b>	In versione MLT (Multi Lens Technology), comprendente sistemi a lenti ad alta efficienza in disposizione quadrupla termoresistenti a resistenti agli UV.	
<b>Curva di distribuzione della luce</b>	asym. mittelbreitstr. (AM19L)	
<b>FWHM</b>	31 °	
<b>Light Engine</b>	Valore iniziale CLO	Valore finale CLO
<b>Temperatura del colore</b>	4000 K	4000 K
<b>Flusso luminoso di riferimento</b>	42000 lm	42000 lm
<b>Potenza assorbita</b>	261,00 W	274,00 W
<b>Efficienza luminosa</b>	161 lm/W	153 lm/W
<b>Durata utile di riferimento</b>	LCLO (25 °C) = 100.000 h	
<b>Indice di resa cromatica</b>	70	
<b>Tolleranza cromatica</b>	5 SDCM	
<b>Classe fotobiologica</b>	Gruppo 2 - nessun rischio	
<b>Distance to Risk Group 1</b>	430 mm	
<b>Colore apparecchio</b>	DB703 / RAL9006	
<b>Corpo apparecchio</b>	Corpo apparecchio e supporto per lastra terminale in pressofusione di alluminio.. Lastra terminale in vetro di sicurezza monolastra piatto fissata in cornice portante.	
<b>Versione elettrica</b>	Con alimentatore elettronico, dimmerabile digitale (DALI).	
<b>DALI-2-Standard EN 62386</b>	Sì	
<b>Resistenza alle sovratensioni (modo differenziale)</b>	6 kV	
<b>Resistenza alle sovratensioni (modo comune)</b>	10 kV	
<b>Tipo di collegamento</b>	Terminale a innesto	
<b>Numero di indirizzi DALI</b>	3	
<b>Gamma di dimmeraggio</b>	20 - 100 %	
<b>Monitoring Ready</b>	Sì	
<b>tensione nominale</b>	220 - 240 V	
<b>frequenza nominale</b>	0/50/60 Hz	
<b>fattore di distorsione (THD) &lt; %</b>	10 %	
<b>Grado di protezione</b>	IP66	
<b>Classe di isolamento</b>	I	
<b>Resistenza agli urti (IK)</b>	IK09	
<b>Resistenza a filo incandesc</b>	960 °C	
<b>Ambient temperature</b>	25 °C	
<b>Mas. Apparecchi B10</b>	2	
<b>Mas. Apparecchi B16</b>	3	
<b>Mas. Apparecchi C10</b>	3	
<b>Mas. Apparecchi C16</b>	6	

## KINASGARD® RBWF/LF

**Sensore di movimento per ambiente e sensore di luce, multisensori con uscita attiva di commutazione**



S+S REGELTECHNIK

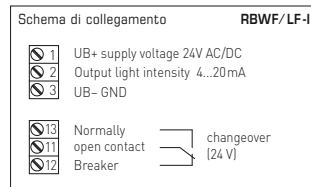
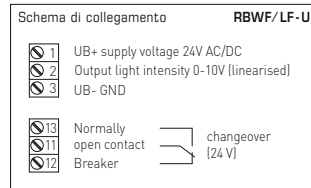
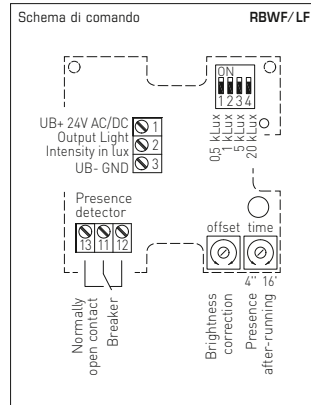
La sonda di movimento e di luce e rilevatore di presenza KINASGARD® RBWF / LF è un apparecchio combinato, rileva movimenti nonché intensità di illuminazione, tramite un diffusore, e la presenza di persone; inoltre serve per il rilevamento di stati. RBWF/LF invia un segnale normalizzato di 0 -10 V o 4...20 mA per la luminosità e per il movimento è dotato di un contatto di commutazione come uscita.

Il multisensore viene utilizzato nell'automazione per edifici, in corridoi, laboratori, capannoni industriali, uffici e locali commerciali, per la regolazione dell'illuminazione in base alla necessità, per es. come protezione da irraggiamento solare, per la regolazione di luce costante secondo la luce diurna, per il controllo di veneziane o lampade, per il risparmio energetico automatizzato, per evitare il riscaldamento di ambienti o il raffreddamento quando non è necessario perché gli ambienti sono vuoti.

## DATI TECNICI

Alimentazione di tensione:	24 V AC ( $\pm 20\%$ ); 15...36 V DC nella variante U 15...36 V DC nella variante I, a seconda del carico, ondulazione residua stabilizzata $\pm 0,3 V$
Carico:	$R_L > 5 k\Omega$ nella variante U $R_L > 5 k\Omega$ nella variante I
Resistenza di carico:	$R_L > 5 k\Omega$ nella variante U
Potenza assorbita:	$< 1 W$ a 24 V DC; $< 2 VA$ a 24 V AC
Sensore:	sensore di movimento a infrarossi e sensore di luce con diffusore (vedere inizio capitolo)
Uscita sensore di movimento:	senza / con movimento + presenza, contatto in scambio a potenziale zero (24 V), 1 A carico ohm
Tempo di continuazione attivazione:	regolabile da 4 secondi a 16 minuti
Range di misura del sensore di luce:	Diverse opzioni di configurazione (tramite DIP switch) <b>0...500 Lux / 1 kLux / 5 kLux / 20 kLux</b> (come opzione altri range di misura, per es. 100 kLux)
Uscita del sensore di luce:	0-10 V (linearizzata, attiva a 3 conduttori) o 4...20 mA
Scostamento del sensore di luce:	tipico $< 5\%$ di Vf
Temperatura ambiente:	0...+50 °C
Collegamento elettrico:	0,14 - 1,5 mm <sup>2</sup> , con morsetti a vite
Involucro:	plastica, materiale ABS, colore bianco puro (simile a RAL 9010)
Dimensioni:	85 x 85 x 27 mm (Baldur 1)
Montaggio:	Montaggio a parete o sottotraccia, $\varnothing 55$ mm, parte inferiore con 4 fori, per fissaggio in scatole sottotraccia installate in verticale o in orizzontale per introduzione cavo da dietro, con punto di rottura predeterminato per introduzione cavo da sopra / sotto a parete
Classe di protezione:	III (secondo EN 60730)
Grado di protezione:	<b>IP 30</b> (secondo EN 60529)
Norme:	conformità CE, compatibilità elettromagnetica secondo EN 61326, direttiva CEM 2014 / 30 / EU

Range di misura (regolabili)	DIP 1	DIP 2	DIP 3	DIP 4
0...500 Lux	ON	OFF	OFF	OFF
0... 1 kLux (default)	OFF	ON	OFF	OFF
0... 5 kLux	OFF	OFF	ON	OFF
0... 20 kLux	OFF	OFF	OFF	ON

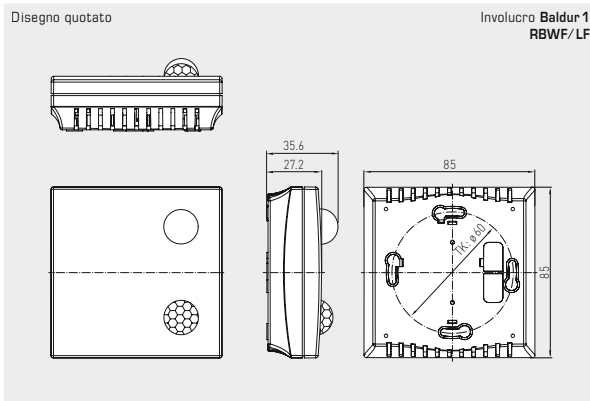




S+S REGELTECHNIK

KINASGARD® RBWF/LF

Sensore di movimento per ambiente e sensore di luce, multisensori con uscita attiva di commutazione



RBWF/LF



KINASGARD® RBWF/LF Sensore di movimento per ambiente e sensore di luce			
Tipo / WG01	Rilevamento Range di misura	Uscita	N. art.
<b>RBWF-LF-U</b>			
1. Presenza + movimento	si / no (relè on / off)	Contatto in scambio	1401-41A1-1100-000
2. Luminosità	0...500 Lux / 1 kLux / 5 kLux / 20 kLux	0 -10 V (linearizzata)	
<b>RBWF-LF-I</b>			
1. Presenza + movimento	si / no (relè on / off)	Contatto in scambio	1401-41A1-3200-000
2. Luminosità	0...500 Lux / 1 kLux / 5 kLux / 20 kLux	4...20 mA	
Sovraprezzo:	come opzione altri range di misura, per es. 100 kLux		su richiesta



## Intervento impianti a fonti rinnovabili

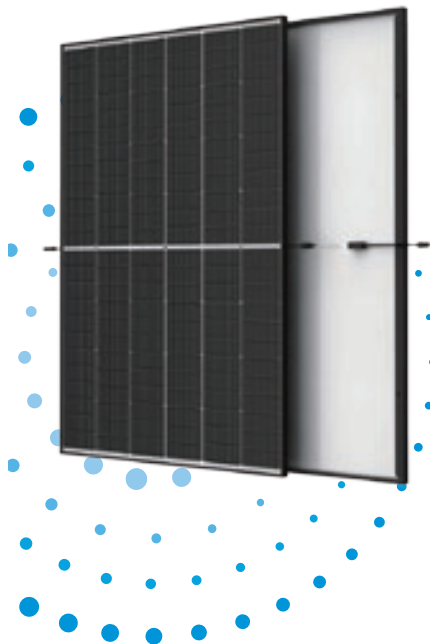


PRODUCT: TSM-DE09R.08W  
POWER RANGE: 415-435 W

**435 W+**  
MAXIMUM POWER OUTPUT

**0/+5 W**  
POSITIVE POWER TOLERANCE

**21.8 %**  
MAXIMUM EFFICIENCY



### Small in size, big on power

- Generates up to 435 W, 21.8 % module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping, lower series resistance, improved current collection and enhanced reliability
- Excellent low light performance (IAM) with cell process and module material optimization



### Universal solution for residential and C&I rooftops

- Designed for compatibility with existing mainstream inverters, optimizers and mounting systems
- Perfect size and low weight for easy handling. Optimized transportation cost
- Reduces installation cost with higher power bin and efficiency
- Flexible installation solutions for system deployment

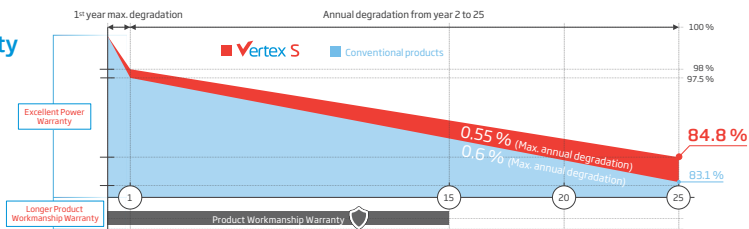


### High Reliability

- Positive load up to 6,000 Pa (snow)
- Negative load up to 4,000 Pa (wind)

### Extended Vertex S Warranty

- 2 %**  
1<sup>st</sup> year max. degradation
- 0.55 %**  
Max. annual degradation from year 2 to 25
- 15 Years**  
Product Workmanship Warranty



### Comprehensive Product and System Certificates

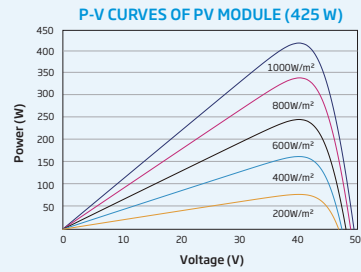
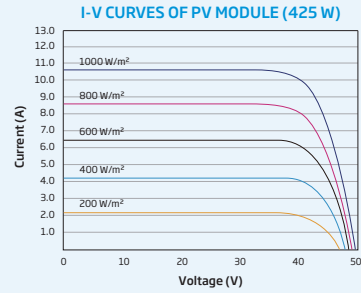
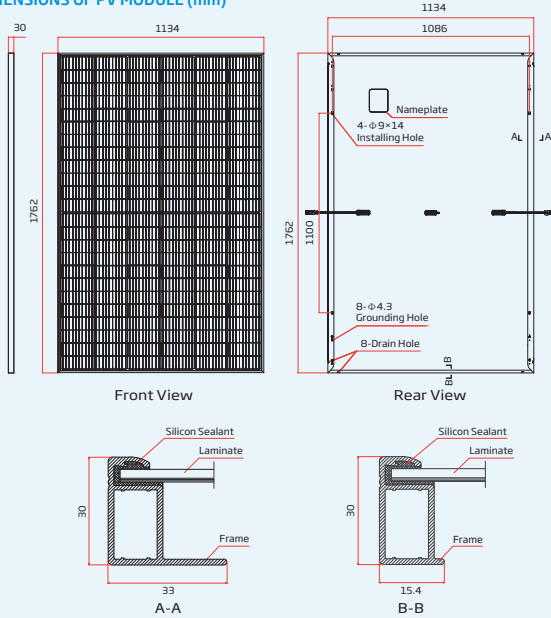


IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716  
 ISO 9001: Quality Management System  
 ISO 14001: Environmental Management System  
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification  
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System





**DIMENSIONS OF PV MODULE (mm)**



ELECTRICAL DATA (STC)	TSM-415	TSM-420	TSM-425	TSM-430	TSM-435
	DE09R.OBW	DE09R.OBW	DE09R.OBW	DE09R.OBW	DE09R.OBW
Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*	415	420	425	430	435
Power Tolerance- $P_{MAX}$ (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	41.7	42.0	42.2	42.3	42.5
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	9.94	10.01	10.08	10.17	10.24
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	50.0	50.1	50.2	50.3	50.4
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	10.55	10.58	10.61	10.64	10.67
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.8	21.0	21.3	21.5	21.8

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25 °C, Air Mass AM1.5 \*Measuring tolerance: ±3%

MECHANICAL DATA	
Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	144 cells
Module Dimensions	1762×1134×30 mm
Weight	21.8 kg
Glass	3.2 mm, High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	30 mm Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0 mm <sup>2</sup> Landscape: 1100/1100 mm Portrait: 280/350 mm*
Connector	TS4/MC4 EVO2*

\*Special order only

ELECTRICAL DATA (NOCT)	TSM-415	TSM-420	TSM-425	TSM-430	TSM-435
	DE09R.OBW	DE09R.OBW	DE09R.OBW	DE09R.OBW	DE09R.OBW
Maximum Power- $P_{MAX}$ (Wp)	312	317	321	325	329
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	38.7	39.2	39.5	39.7	40.0
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	8.07	8.10	8.13	8.17	8.23
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	47.1	47.1	47.2	47.4	47.5
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	8.50	8.53	8.55	8.60	8.65

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20 °C, Wind Speed 1m/s.

TEMPERATURE RATINGS	MAXIMUM RATINGS
NOCT(Nominal Operating Cell Temperature) 43 °C (±2K)	Operational Temperature -40 to +85 °C
Temperature Coefficient of $P_{MAX}$ -0.34%/K	Maximum System Voltage 1500 V DC (IEC)
Temperature Coefficient of $V_{OC}$ -0.25%/K	Max Series Fuse Rating 20 A
Temperature Coefficient of $I_{SC}$ 0.04%/K	

WARRANTY
15 Year product workmanship warranty
25 Year power warranty
2% First year degradation
0.55% Annual power degradation

(Please refer to the applicable limited warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION
Modules per box 36 pieces
Modules per 40' container 936 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.  
© 2022 Trina Solar Limited, All rights reserved, Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM\_EN\_2022\_A

www.trinasolar.com

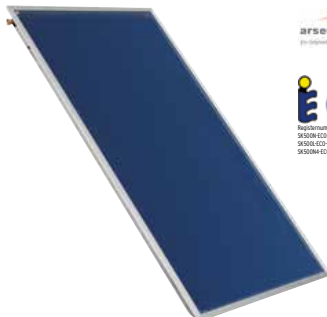
## COLLETTORE DA TETTO SK500

**SONNENKRAFT**

### SPECIFICHE TECNICHE

Descrizione	SK500-N	SK500-L
Tipo di collezionista	Collettore piano	
Montageart	Tipo di montaggio	Formato orizzontale sul tetto
Area lorda	m <sup>2</sup>	2,57
Area di apertura	m <sup>2</sup>	2,3
Superficie assorbente	m <sup>2</sup>	2,2
altezza	mm	2079 / 1239
Larghezza/larghezza inclusa connessione a vite	mm	1239 / 1257 / 2079 / 2098
profondità	mm	100
Peso vuoto	kg	40
Contenuto del collezionista	l	1,6
pressione massima di esercizio	bar	10
Temperatura di fermo	°C	198
rendimento consigliato	l/h per m <sup>2</sup>	15 - 40
Interconnessione del modulo	max 6 pezzi in serie *	
inclinazione minima del collettore	°	15
inclinazione massima del collettore	°	75
connessioni	Raccordi di collegamento 1" IG/AG, in alto a sinistra e in alto a destra	
assorbitore	Assorbitore a superficie piena in alluminio con rivestimento sottovuoto altamente selettivo	
interconnessione idraulica	Circuito dell'arpa	
Assorbimento (α) / emissione (ε)	0,95/0,05	
involucro	vassoio in alluminio imbutito	
Isolamento termico	Lana minerale 50 mm	
Vetri da collezione	Vetro di protezione solare temperato da 3,2 mm a basso contenuto di ferro	
Numero di fette	1	
Efficienza / fattore di conversione (apertura / assorbitore) $\eta_{01} / \eta_{02}$	0,763 / 0,811 / 0,759 / 0,810	
Coefficiente di scambio termico $a_w / a_{2A}$	3,322 / 3,530 / 3,365 / 3,590	
coefficiente di scambio termico dipendente dalla temperatura $a_{2A} / a_{2A}$	0,018 / 0,019 / 0,020 / 0,021	
Fattore di correzione dell'angolo $K_{\theta}$ (50°)	0,96	
Solar Keymark Req.No.	011-7S190 F	011-7S1568 F
Efficienza del collettore secondo ErP Lot1 dT 40K@1000W/m <sup>2</sup>	%	60 / 59

\* Per compensare la dilatazione lineare termica, da 4 collettori SK500-L devono essere previste curve di dilatazione in serie (es. IWS501)



#### Tipo di collezionista



Tetto universale SSP



Tetto con tegole DBP



Zavorra in cemento BBALSK



Piastra portante BDA

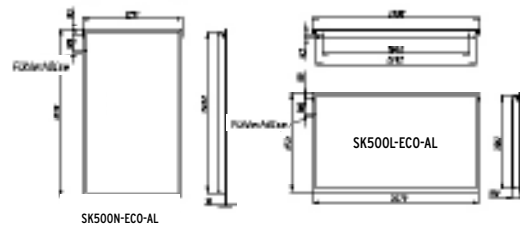


Morsetto per cuciture FKP

#### Fissaggio

Tutte le parti di fissaggio sono prefabbricate e fornite con accessori completi da SONNENKRAFT. Ovviamente puoi assemblarlo da solo: sono incluse istruzioni di montaggio di facile comprensione.

#### Dimensioni



#### Vantaggi

- Eleganti unità da 2,5 m<sup>2</sup>, adatte ad ogni tipo di installazione
- Elevata temperatura dell'acqua calda in breve tempo grazie al rivestimento assorbente sottovuoto altamente selettivo
- Vetro solare antigrandine
- Lunga durata grazie ai materiali resistenti alle intemperie
- Assorbitore in alluminio, con rivestimento altamente selettivo
- Elegante vassoio in alluminio imbutito
- Isolamento della parete posteriore di alta qualità in lana minerale imputrescibile dello spessore di 50 mm
- Collegamenti a vite olandesi facili da installare
- Disponibile su richiesta per grandi progetti con 4 connessioni (SK500N4-ECO-AL)

# BOLLY® 2 ST FB

BOLLITORE POLYWARM® PER PRODUZIONE DI A.C.S. CON 2 SCAMBIATORI FISSI



### IMPIEGO

Produzione ed accumulo di acqua calda sanitaria (ACS).  
Tutti i collegamenti idraulici sul retro, le connessioni frontali e la flangia sono allineati per un'installazione semplice e veloce.

### MATERIALI E FINITURE

Acciaio rivestito in Polywarm® (certificazioni ACS - EN 16421) idoneo per acqua potabile ai sensi del D. M. n. 174 del 06.04.04

### SCAMBIATORE DI CALORE:

2 scambiatori di calore fissi in acciaio rivestito in Polywarm®

### COIBENTAZIONE

RIGIDA: poliuretano espanso ad elevato isolamento termico.  
MORBIDA SMONTABILE: fibra di poliestere NOFIRE® riciclabile ad elevato isolamento termico e classe di resistenza al fuoco B-s2d0 (EN 13501).  
Rivestimento esterno in PVC.

### PROTEZIONE CATODICA

Anodo di magnesio.

### SCARICO

Scarico attraverso manicotto sul fondo. Modelli > 500 tubazione di scarico già montata.

### CONTROFLANGIA - GUARNIZIONI

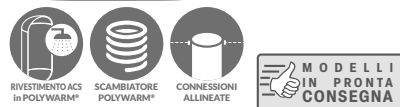
Guarnizioni in gomma siliconica alimentare (D.M. n.174 del 2004); resistenza in esercizio fino a 200 °C. Controflangia in acciaio al carbonio con trattamento Polywarm®.

### GARANZIA

5 anni (vedi condizioni generali di vendita)

### ACCESSORI E RICAMBI

Per l'elenco completo consultare la relativa sezione.



Modello	CODICE	Superficie Scambiatore [m²]		CLASSE ENERGETICA
		Superiore	Inferiore	
<b>150</b>	3134162330011	0,4	0,6	<b>B</b>
<b>200</b>	3134162330012	0,5	0,8	<b>B</b>
<b>300</b>	3134162330013	0,7	1,2	<b>B</b>
<b>400</b>	3134162330014	1	1,5	<b>C</b>
<b>500</b>	3134162330015	1	1,8	<b>C</b>
<b>800</b>	3134162330016	1,6	2,7	<b>B</b>
<b>1000</b>	3134162330017	1,8	3,5	<b>B</b>
<b>1500</b>	3134162330018	1,9	3,8	<b>C</b>
<b>BOLLY® 2 ST FB WB</b> COIBENTAZIONE RIGIDA				
<b>800</b>	3138162320112	1,6	2,7	<b>C</b>
<b>1000</b>	3138162320113	1,8	3,5	<b>C</b>
<b>1500</b>	3138162320114	1,9	3,8	<b>C</b>
<b>BOLLY® 2 ST FB WC</b> COIBENTAZIONE MORBIDA SMONTABILE				

## ACCESSORI

### RISCALDATORI ELETTRICI

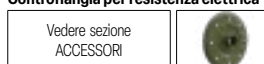
Mod.	Volume utile integr. elettrica [lit]	MONOFASE			TRIFASE					
		1,5 kW	2 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	9 kW	12 kW	
		52400000000051	52400000000052	52400000000053	52400000000047	52400000000048	52400000000049	52400000000050	52400000000031	
		Tempo di riscaldamento con resistenze elettriche da 10 °C a 45 °C [min]								
<b>150</b>	54	97	73	49	37	//	//	//	//	
<b>200</b>	67	120	90	60	45	//	//	//	//	
<b>300</b>	106	190	143	95	71	57	//	//	//	
<b>400</b>	159	285	213	142	107	85	//	//	//	
<b>500</b>	174	312	234	156	117	93	78	//	//	
<b>800</b>	310	554	416	277	208	166	139	92	69	
<b>1000</b>	390	698	524	349	262	210	175	116	87	
<b>1500</b>	559	1002	751	501	376	301	250	167	125	

### Centralina FULL CONTROL montata sul bollitore

CODICE	per modelli
5220280000004	WC
5220280000005	WB

Su modelli in CLASSE A, disponibile solo versione non montata sul bollitore

### Controflangia per resistenza elettrica



### Resistenze da 1,5 a 3 kW - termostato interno

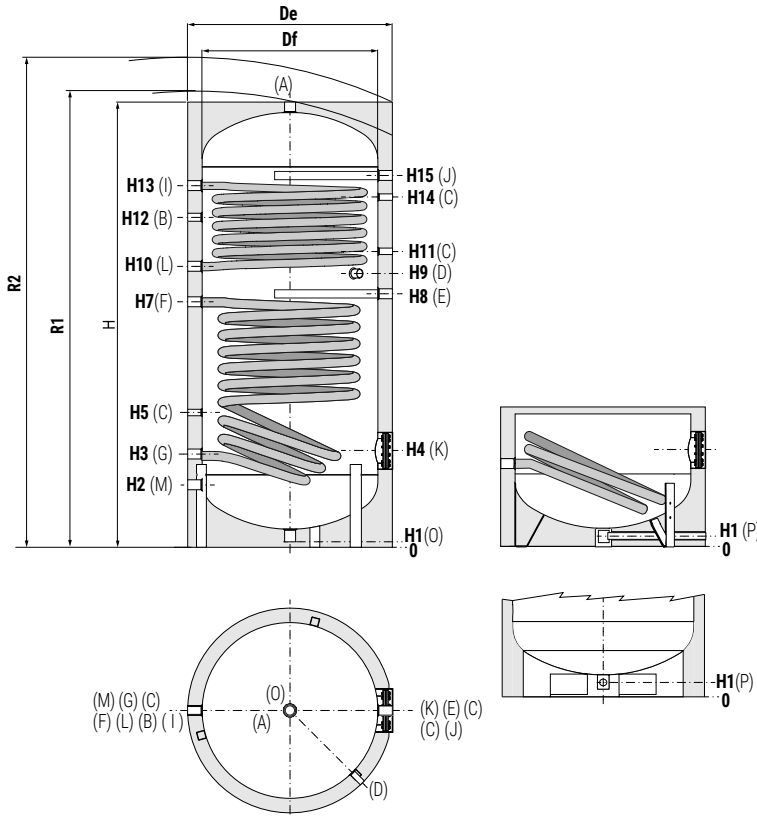
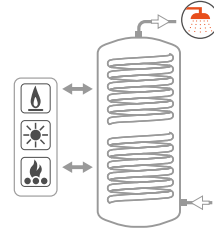


Prodotti progettati e realizzati per l'utilizzo entro i limiti di temperatura e di pressione dell'Art. 4-3 della Direttiva 2014/68/EU (PED)

# BOLLY® 2 ST FB

BOLLITORE POLYWARM® PER PRODUZIONE DI A.C.S. CON 2 SCAMBIATORI FISSI

Modello	ACCUMULO		SCAMBIATORE	
	Pmax	Tmax	Pmax	Tmax
150 + 800	10 bar	90 °C	12 bar	110 °C
1000 + 1500	8 bar			



- A** Uscita acqua calda sanitaria
- B** Connessione per ricircolo
- C** Connessione per strumentazione G 1/2" F
- D** Connessione per integrazione elettrica
- E** Connessione per anodo di magnesio G 1" 1/4 F
- F** Ingresso scambiatore inferiore G 1" 1/4 F
- G** Uscita scambiatore inferiore G 1" 1/4 F
- I** Ingresso scambiatore superiore G 1" 1/4 F
- J** Connessione per secondo anodo di magnesio G 1" 1/4 F (solo per modelli >500)
- K** Flangia di ispezione
- L** Uscita scambiatore superiore G 1" 1/4 F
- M** Ingresso acqua sanitaria
- O** Scarico G 1" 1/4 F Per modelli < 500
- P** Scarico Per modelli > 500

I modelli 1500 sono dotati di una pratica "gonna" di appoggio che ne rende possibile la movimentazione con transpallet e muletti e **scarico totale** con tubazione già montata.

Prodotti progettati e realizzati per l'utilizzo entro i limiti di temperatura e di pressione dell'Art. 4.3 della Direttiva 2014/68/EU (PED)

## BOLLY® 2 ST FB WB - COIBENTAZIONE RIGIDA

Modello	Vol. lordo [lt]	Peso [kg]	Df	De	H	R1	R2	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	K	P	M	D	B	A
150	148	54	-	500	1414	-	1505	71	210	275	315	395	//	765	815	885	945	975	1065	1185	1185	//	Ø1120/Øe180	-	3/4"	1" 1/2	3/4"	1" 1/4
200	189	65	-	550	1434	-	1540	71	220	285	325	405	//	811	855	915	960	985	1089	1195	1195	//	Ø1120/Øe180	-	3/4"	1" 1/2	3/4"	1" 1/4
300	291	83	-	650	1486	-	1630	71	246	311	381	431	//	832	871	931	981	1011	1101	1221	1221	//	Ø1120/Øe180	-	1"	1" 1/2	1"	1" 1/4
400	422	112	-	700	1786	-	1905	71	261	326	396	446	//	988	1033	1091	1143	1166	1286	1486	1486	//	Ø1120/Øe180	-	1"	1" 1/2	1"	1" 1/4
500	498	134	-	750	1786	-	1945	71	271	346	411	466	//	1036	1076	1144	1186	1206	1331	1476	1476	//	Ø1120/Øe180	-	1"	1" 1/2	1"	1" 1/4
800	789	232	750	900	2163	-	2350	101	338	428	483	548	//	1181	1243	1308	1362	1378	1598	1770	1708	1818	Ø1170/Øe240	3/4"	1"	2"	1"	1" 1/4
1000	1038	272	850	1000	2217	-	2440	89	359	439	499	559	//	1279	1309	1364	1399	1444	1584	1819	1729	1839	Ø1170/Øe240	3/4"	1" 1/4	2"	1"	1" 1/2
1500	1443	351	950	1100	2440	-	2685	109	340	425	575	545	//	1403	1450	1515	1550	1585	1825	2045	1965	2075	Ø1300/Øe380	1"	1" 1/2	2"	1"	2"

I valori di volume netto secondo EN 15332 sono riportati in etichetta prodotto.

## BOLLY® 2 ST FB WC - COIBENTAZIONE MORBIDA

Modello	Vol. lordo [lt]	Peso [kg]	Df	De	H	R1	R2	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	K	P	M	D	B	A
800	789	232	750	950	2163	2205	2365	101	338	428	483	548	//	1181	1243	1308	1362	1378	1598	1770	1708	1818	Ø1170/Øe240	3/4"	1"	2"	1"	1" 1/4
1000	1038	272	850	1050	2217	2270	2455	89	359	439	499	559	//	1279	1309	1364	1399	1444	1584	1819	1729	1839	Ø1170/Øe240	3/4"	1" 1/4	2"	1"	1" 1/2
1500	1443	351	950	1150	2440	2500	2700	109	340	425	575	545	//	1403	1450	1515	1550	1585	1825	2045	1965	2075	Ø1300/Øe380	1"	1" 1/2	2"	1"	2"

I valori di volume netto secondo EN 15332 sono riportati in etichetta prodotto.



## Bibliografia e sitografia

### [2]

- Commissione europea. "Efficienza energetica nell'edilizia" (2020).
- Commissione Europea. "Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)" (2024).
- Commissione Europea. "European Green Deal" (2019).
- Commissione Europea. "Fit for 55 – Making buildings in the EU greener" (2021).
- ENEA. "Energia e cambiamento climatico" (2019).
- ENEA. "La consistenza del parco immobiliare nazionale" (2024).
- ENEA. "Rapporto annuale efficienza energetica" (2023).
- IPCC. "Sixth Assessment Report – Mitigation of Climate Change" (2022).
- IPCC. "Synthesis Report: Climate Change 2023" (2023).
- Live Science. "CO<sub>2</sub> levels reach record new high, locking in more global warming | Live Science" (2025). Disponibile presso: <https://www.livescience.com/>

### [3]

- ANIT. Requisiti Minimi Nazionali. Regole per l'efficienza energetica degli edifici e per la certificazione energetica (2023).
- Biblus. "Direttiva "Case Green": guida completa a tutte le novità". Disponibile presso: <https://biblus.acca.it/>
- Energia e dintorni. "Il CTI informa: linee guida interpretative sulla nuova EPBD" (2025).
- Infobuildenergia. "Storia normativa energetica del settore edilizio: genesi e prospettive". Disponibile presso: <https://www.infobuildenergia.it/>
- Normattiva. Disponibile presso: <https://www.normattiva.it/>
- Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea. Direttiva (UE) 2024/1275 del 24 aprile 2024 sulla prestazione energetica nell'edilizia. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea (2024).

### [4]

- ANIT. Requisiti Minimi Nazionali. Regole per l'efficienza energetica degli edifici e per la certificazione energetica (2023).
- Biblus. "Decreto Requisiti Minimi 2025: guida e novità". Disponibile presso: <https://biblus.acca.it/>
- Biblus. "Relazione legge 10 e requisiti minimi, il vademecum del CNi sulle prestazioni energetiche". Disponibile presso: <https://biblus.acca.it/>
- CTI. Comitato Termotecnico Italiano. Le norme tecniche di riferimento per la stima delle prestazioni energetiche degli edifici. Disponibile presso: <https://www.cti2000.eu/>
- CTI. Comitato Termotecnico Italiano. UNI/TR 11775 - Diagnosi Energetiche, Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici (2020). Disponibile presso: <https://www.>

[eai.enea.it/](http://eai.enea.it/)

- Edilizia. “Nuove regole per l’efficienza energetica degli edifici: cosa cambia con il Decreto Requisiti Minimi 2025”. Disponibile presso: <https://www.edilizia.com/>
- ENEA. APE - Attestato di Prestazione Energetica degli edifici - Vademecum per il cittadino (2017).
- ENEA. Dipartimento Unità Efficienza Energetica, Laboratorio Efficienza Energetica negli Edifici e Sviluppo Urbano. La consistenza del parco immobiliare nazionale (2024).
- Infobuildenergia. “Attestato di Prestazione Energetica (APE): definizione, obblighi, normativa aggiornata”. Disponibile presso: <https://www.infobuildenergia.it/>

#### [5]

- ANIT. L’isolamento termico controterra (2025).
- Biblus. “Conto Termico 3.0: guida completa”. Disponibile presso: <https://biblus.acca.it/>
- Biblus. “Isolamento termico delle coperture: tipologie, vantaggi e svantaggi”. Disponibile presso: <https://biblus.acca.it/>
- Biblus. “Solaio interpiano: stratigrafia e caratteristiche dei materiali”. Disponibile presso: <https://biblus.acca.it/>
- ENEA. Linee guida alla presentazione dei progetti per il programma per la riqualificazione energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale PREPAC (D.M. 16 settembre 2016) (2016).
- ENEA. Gli edifici nZEB nella Pubblica Amministrazione (2016).
- ENEA. Guida per l’efficienza energetica degli edifici scolastici (2019).
- Infobuildenergia. “Cappotto termico: tipologie, costi, detrazioni e vantaggi”. Disponibile presso: <https://www.infobuildenergia.it/>
- Infobuildenergia. “Riqualificazione energetica: come isolare i solai”. Disponibile presso: <https://www.infobuild.it/>
- Ingenio. “L’efficienza energetica nelle scuole: i possibili interventi da attuare, dall’edificio agli impianti”. Disponibile presso: <https://www.ingenio-web.it/>
- Ministero dell’Istruzione e del Merito. PNRR Istruzione. Disponibile presso: <https://pnrr.istruzione.it/>
- Politiche pubbliche: Istruzione. Disponibile presso: <https://temi.camera.it/>

#### [6]

- Comune di Stella. Studio di fattibilità: intervento di riqualificazione dell’impianto termico e installazione di accumulo fotovoltaico (2023).
- Termo Namirial. Manuale d’uso (2024).

#### [7]

- Biblus. “Illuminotecnica: guida alla progettazione e al dimensionamento”. Disponibile

- presso: <https://biblus.acca.it/>
- Dako. “Infissi per scuole: requisiti obbligatori e normative da seguire”. Disponibile presso: <https://www.dako.eu/it>
  - Didattica Caciuffo. “Illuminotecnica – Metodo del flusso globale”. Disponibile presso: <https://didatticacaciuffo.altervista.org/>
  - Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI. UNI EN 12464-1: Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni (2021).
  - Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI. UNI 10339:1995. “Impianti aeraulici ai fini di benessere – Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d’offerta, l’offerta, l’ordine e la fornitura”.
  - Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI. UNI EN 16798-1. “Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell’ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell’aria interna, all’ambiente termico, all’illuminazione e all’acustica” (2025).
  - GSE. Conto Termico 3.0. Disponibile presso: <https://www.gse.it/>
  - Ingenio. “Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) e nuovo decreto CAM 2025. Le novità”. Disponibile presso: <https://www.ingenio-web.it/>
  - Ministero dell’ambiente e della sicurezza energetica. Decreto 24 novembre 2025, criterio CAM 2.3.6 “Aerazione, ventilazione e qualità dell’aria” (2025).
  - Ministero dell’ambiente e della sicurezza energetica. Decreto 7 agosto 2025: “Incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l’incremento dell’efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili” (2025).
  - Namirial Supporto Edilizia. “Le verifiche di legge - Ristrutturazione importante di I livello”. Disponibile presso: <https://servicedesk-aec.namirial.com/>
  - Regione Liguria. Prezzario Opere Edili (aggiornamento 2024–2025). Disponibile presso: <https://www.regione.liguria.it/>



## Ringraziamenti

Per ultima cosa, indubbiamente non per importanza, ci tengo a ringraziare coloro che hanno reso possibile la realizzazione di questa tesi: il mio relatore Stefano Bergero per l'estrema disponibilità e la pazienza nell'affrontare la mia perenne agitazione, oltre che per tutte le conoscenze trasmesse, di cui farò sicuramente tesoro; un grande ringraziamento anche ai miei correlatori Daniele Costanzo e Carlotta Barabino, per avermi proposto uno stimolante caso studio e avermi assistito durante il percorso.

In un'ottica ancora più ampia non solo questa tesi, ma anche il mio intero e soddisfacente percorso di studi, non sarebbero stati possibili senza i miei genitori, e non parlo (solo) di soldi ;)

Se esistesse un Oscar per i genitori più supportivi e pazienti meritereste sicuramente la nomination.

Ai miei compagni, con cui ho avuto la fortuna di condividere tutti questi anni e per cui, adesso, non riesco a non provare un'enorme malinconia: non ripenserò mai a questo periodo della mia vita senza vedere le vostre facce in primo piano, siete nell'anima (e lì vi lascio per *sempreee*). Alla mia squadra che vince e non si cambia, Matte e Fra, siamo come Harry, Ron ed Hermione ma più esauriti. Vi voglio bene.

Alle mie amiche di sempre, perché sono la luce del faro che ho visto spesso da lontano, ma che mi aspetta ogni volta che torno a casa, e quanto fa bene tornare a casa.

Al mio posto felice, Gent, perché è stato l'ultimo pezzo del mio puzzle e ciò che mi ha dato non avrei potuto trovarlo da nessun'altra parte.

Alla Silvia bambina, spero che avresti pensato *che figata*.





