



**Per**



**COMUNE DI MORGEX**

## **STATO DI FATTO E DIAGNOSI ENERGETICA**

**Scuola secondaria di primo grado con annessa mensa  
scolastica e magazzini comunali**

**Viale del Convento 10 – 11017 Morgex (AO)**

**27 Febbraio 2012**

---

## SOMMARIO

1	Introduzione.....	4
1.1	Sommario .....	4
1.2	Principali considerazioni emerse dalla diagnosi.....	4
1.3	Riferimenti.....	5
1.4	Allegati .....	5
2	Analisi dello stato di fatto.....	6
2.1	Inquadramento generale .....	9
2.2	Caratteristiche dell'involucro edilizio.....	11
2.2.1	Scuola secondaria di primo grado e magazzini comunali .....	11
2.2.2	Mensa .....	12
2.3	Analisi termografica .....	13
2.4	Caratteristiche impiantistiche.....	16
2.4.1	Impianto termico .....	16
2.4.2	Impianto elettrico .....	19
2.5	Analisi energetiche e dei consumi.....	21
2.5.1	Impianto termico .....	21
2.5.2	Impianto elettrico .....	23
3	Diagnosi energetica.....	27
3.1	Scuola secondaria di primo livello con annessi magazzini comunali .....	27
3.1.1	Parametri caratterizzanti le zone termiche .....	27
3.1.2	Involucro edilizio della zona termica scuola secondaria.....	27
3.1.3	Involucro edilizio della zona termica magazzini comunali .....	30
3.1.4	Indici di prestazione energetica .....	32
3.2	Mensa .....	34
3.2.1	Parametri caratterizzanti la zona termica .....	34
3.2.2	Involucro edilizio .....	34
3.2.3	Indici di prestazione energetica .....	36
3.3	Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici .....	38
3.3.1	Coibentazione delle chiusure verticali opache .....	38

Scuola secondaria con annessa mensa e magazzini comunali

3.3.2	Limitazione della volumetria riscaldata dei magazzini comunali .....	40
3.3.3	Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici .....	41
3.3.4	Avvio di un servizio di energy management .....	43

## 1 Introduzione

Il documento presenta al Comune di Morgex i risultati dell'analisi dello stato di fatto e della diagnosi energetica della scuola secondaria di primo grado con annessa mensa scolastica e magazzini comunali sita a Morgex in Viale del Convento 10.

Poiché l'edificio che ospita la mensa è fisicamente separato dalla struttura che accoglie scuola secondaria e magazzini comunali, il fabbisogno ad esso associato sarà valutato separatamente.

### 1.1 Sommario

Il documento è strutturato in due parti; la prima contiene l'analisi dello stato di fatto e la seconda la diagnosi energetica.

L'analisi dello stato di fatto (cfr. capitolo 2) ha come obiettivo quello di descrivere l'edificio analizzando le tecnologie costruttive che ne caratterizzano l'involucro e i dati di consumo termico ed elettrico. La presentazione dello stato di fatto dell'edificio si conclude con l'esame delle criticità rilevate negli impianti e negli elementi dell'involucro censiti.

La seconda parte (cfr. capitolo 3) presenta i risultati dell'analisi energetica effettuata. In questa fase sono riportate le informazioni relative alla classe energetica, i rendimenti medi stagionali degli impianti e le dispersioni connesse all'involucro. A conclusione della diagnosi sono evidenziate alcune proposte per il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio.

### 1.2 Principali considerazioni emerse dalla diagnosi

La scuola secondaria di primo grado con annessa mensa scolastica e magazzini comunali è un edificio avente volumetria complessiva di 17545 m<sup>3</sup> realizzato durante gli anni 90 del secolo scorso. Nella volumetria dell'edificio sono compresi scuola secondaria di primo grado, mensa e magazzini comunali. La struttura portante è in cemento armato con tamponamenti in laterizio forato, la copertura in legno con finitura in ardesia ed i serramenti in legno con doppio vetro. I soli magazzini comunali, siti al piano seminterrato del complesso, presentano una struttura portante in cemento armato con serramenti in ferro e vetro singolo. L'impianto di riscaldamento è alimentato da uno scambiatore allacciato alla rete comunale del teleriscaldamento.

Principali responsabili dell'inefficienza dell'involucro edilizio sono i ponti termici, in particolare nei punti di contatto tra cemento armato e laterizio.

L'impianto termico, al quale è abbinata una regolazione di tipo climatico più ambiente, ha buoni rendimenti sotto l'aspetto della generazione, distribuzione ed erogazione del calore. Sono tuttavia emerse criticità legate all'utilizzo e alla gestione del vettore termico. Tali inefficienze sono causate dalla mancanza di uno strumento di controllo puntuale dei consumi. Al fine di ottimizzare la gestione degli impianti e minimizzare la spesa energetica è stata proposta l'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici.

L'impianto elettrico è stato analizzato effettuando una stima della ripartizione degli assorbimenti associati ad ogni carico elettrico presente. Tale mappatura ha messo in evidenza alcune potenziali criticità legate ad eccessivi assorbimenti da parte di alcune delle utenze. Purtroppo, data la mancanza di dati riguardanti i profili di consumo orario delle diverse utenze, risulta poco significativo proporre in questa sede interventi volti al risparmio di energia elettrica. È stato quindi descritto un percorso di efficientamento che, a partire dall'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi, porti all'individuazione di criticità e inefficienze. Alla luce delle informazioni ottenibili da tale sistema, sarà possibile provvedere alla sostituzione o all'efficientamento degli apparati più energivori.

A integrazione del sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici è stata proposta l'implementazione di un servizio di energy management utile alla gestione efficiente delle risorse energetiche del comune. **In riferimento all'edificio oggetto della diagnosi, è ragionevole stimare una riduzione tra il 10% e il 35% delle spese energetiche globali con la sola ottimizzazione della gestione dell'energia. Tale risparmio consentirebbe di ammortizzare in breve tempo i costi sostenuti per l'avvio dei servizi di EnMS e di monitoraggio, consentendo di raggiungere payback anche inferiori all'anno.**

Avendo identificato i ponti termici tra struttura e tamponamento come maggiori responsabili delle inefficienze dell'involucro edilizio, si è ipotizzata la posa di uno strato di isolamento termico esterno da collocare sulle chiusure verticali opache. La tabella sottostante riporta una sintesi dello studio di fattibilità eseguito.

STUDIO DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO					
Intervento	Superficie interessata dall'intervento [m <sup>2</sup> ]	Costo dell'intervento [€]	Risparmio sul totale dei consumi [%]	Risparmio [€]	Tempo di rientro con incentivi 55% [anni]
Scuola secondaria: Coibentazione delle strutture verticali opache	1250	75000 - 100000	9	9500	4 - 5
Mensa: Coibentazione delle chiusure verticali opache	300	18000 - 24000	20	3500	2,5 - 3
Mensa: Coibentazione delle chiusure verticali opache solo NE e SO	230	13800 - 18400	15	2000	3 - 4
<b>Totale</b>	<b>1550</b>	<b>93000 - 124000</b>		<b>13000</b>	<b>3 - 4</b>

Si suggerisce infine di limitare l'area riscaldata della zona adibita a magazzino comunale alla sola parte in cui sono situati i servizi igienici per gli impiegati. Così facendo si ridurrebbe del 28% il volume riscaldato apportando un risparmio netto in bolletta di circa 19000 €/anno.

### 1.3 Riferimenti

- [1] Offerta per diagnosi e certificazione degli edifici sul territorio comunale – Offerta EnerTech Solution a Comune di Morgex del 27 dicembre 2011.
- [2] Disciplinare di incarico ad EnerTech Solution per servizi attinenti al rilevamento ed elaborazione di audit energetici. Progetto PIT H3 “Mont Blanc Villages durables”. CUP J64E10000020007 – CIG3283085771. Morgex, 20 Dicembre 2011.
- [3] Regione Autonoma Valle d'Aosta – Certificazione energetica BEAUCLIMAT. Metodologie di calcolo della prestazione energetica e definizione delle classi energetiche (d.G.r.1606/2011 che abroga e sostituisce la d.G.r.n°3629/2010)
- [4] Regione Autonoma Valle d'Aosta – Certificazione energetica BEAUCLIMAT. Aspetti amministrativi e procedurali (d.G.r. n°1062/2011).

### 1.4 Allegati

- [1] Abaco delle strutture opache e trasparenti;
- [2] Planimetria dell'edificio

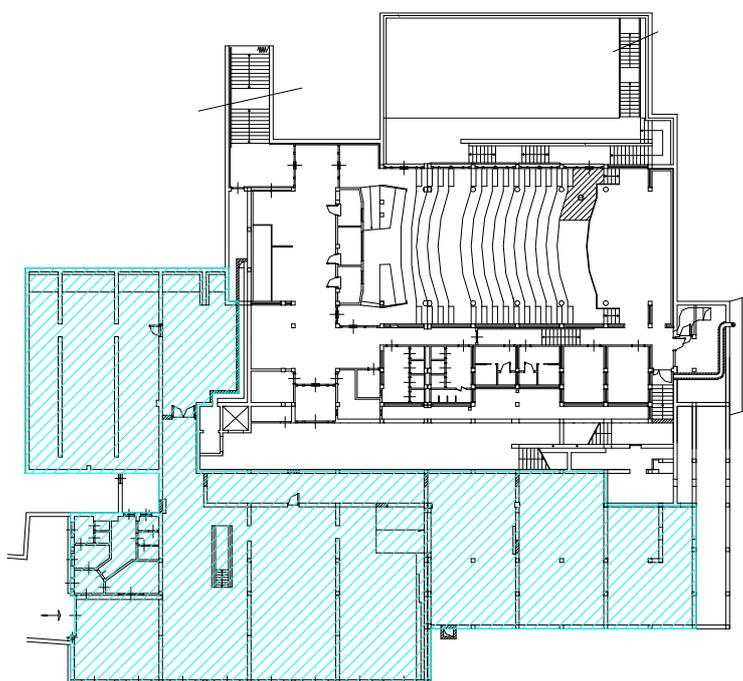
## 2 Analisi dello stato di fatto

La scuola secondaria di primo grado con annessa mensa scolastica e magazzini comunali è situata a Morgex in Viale del Convento 10. Il complesso è stato realizzato attorno al 1995 ed ospita scuola media, mensa, auditorium e magazzini comunali.

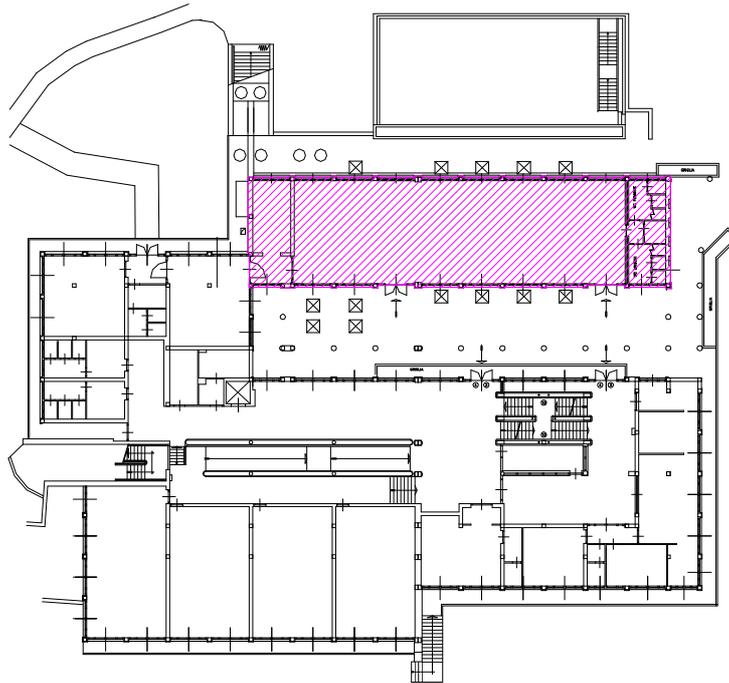
La scuola secondaria di primo grado si articola in cinque piani dei quali quattro fuori terra ed uno seminterrato. Al suo interno vi sono sia le aule scolastiche, che ospitano circa 200 alunni, che la cucina a servizio della mensa.

Il piano seminterrato è prevalentemente adibito a magazzino comunale; sotto l'edificio che accoglie la mensa vi è l'auditorium.

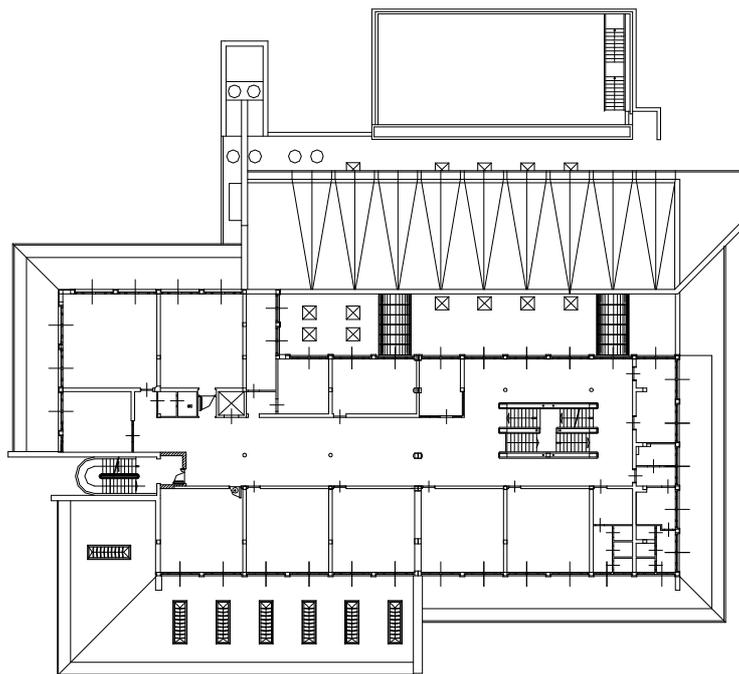
Il servizio mensa è attivo tutti i giorni ed accoglie circa 120 bambini; il fabbricato, ad uso esclusivo della scuola elementare, comprende l'area in cui i pasti sono consumati, i bagni pertinenziali e la zona lavaggio.



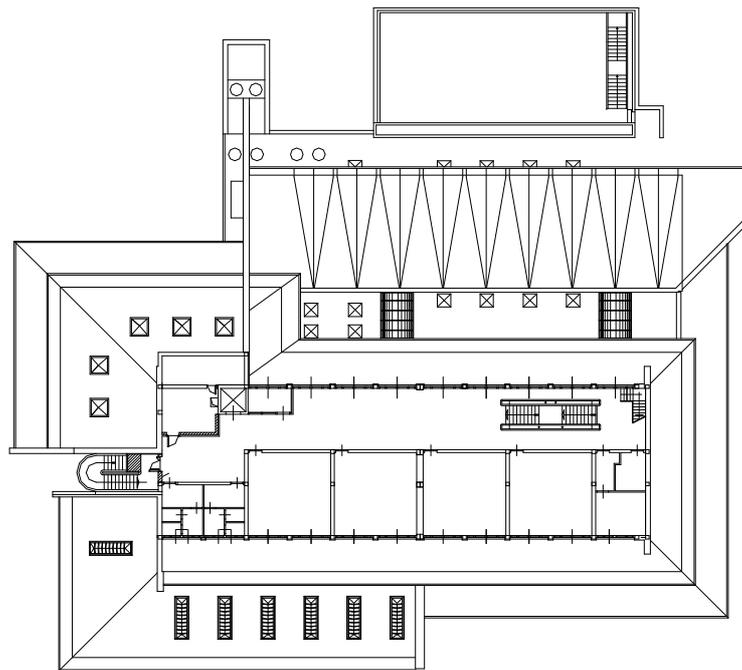
**Figura 1 - Planimetria del piano seminterrato del complesso; i magazzini sono evidenziati in ciano**



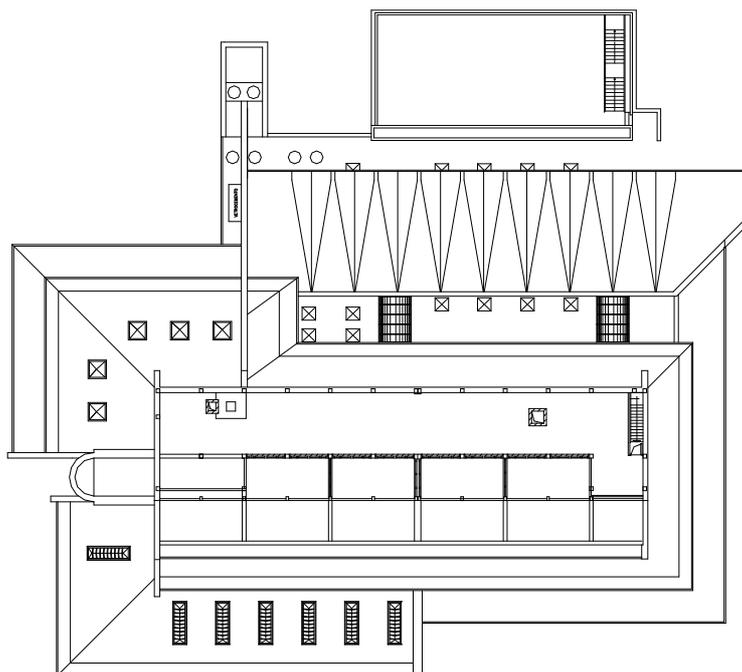
**Figura 2 - Planimetria del piano terra del complesso; la mensa è evidenziata in magenta**



**Figura 3 - Planimetria del piano primo del complesso**



**Figura 4 - Planimetria del piano secondo del complesso**



**Figura 5 - Planimetria del piano sottotetto del complesso**

## 2.1 Inquadramento generale

DATI GENERALI	
Edificio	Scuola secondaria di primo grado con annessa mensa e magazzini comunali
Comune	Morgex
Indirizzo	Viale Del Convento 10
Epoca di costruzione	1990-2000
Classificazione PRGC	F2
Classificazione D.Lgs 412/93	E7 (scuola e magazzini comunali); E4.3 (mensa);
Dati catastali	Foglio: 10; Mappale: 736; Subalterno: 1 (scuola e magazzini comunali); Foglio: 10; Mappale: 736; Subalterno: 3 (mensa);



**Figura 6 - Prospetti Nord-Est e Sud-Est**



**Figura 7 - Prospetto Sud-Ovest**



Figura 8 - Prospetto Nord-Ovest

UBICAZIONE	
Latitudine	45° 45' 27" N
Longitudine	7° 2' 21" E
Altitudine	924 s.l.m.
Esposizione versante	SO
Gradi giorno	3617
Orientamento edificio	NO-SE

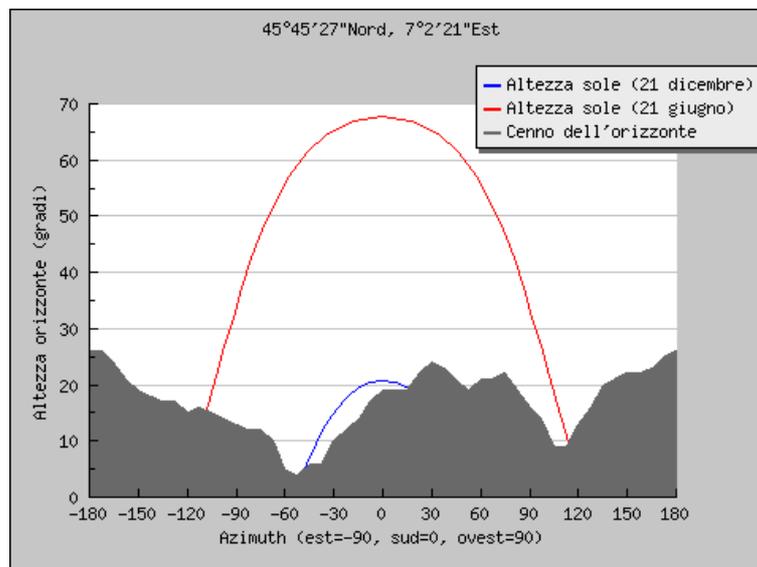


Figura 9 - Orizzonte solare

DESCRIZIONE – Scuola secondaria di primo grado e magazzini comunali	
Destinazione d'uso	Edificio adibito ad attività scolastiche
Tipologia edilizia	Edificio singolo
Tipologia costruttiva	Struttura in cemento armato con tamponamento in laterizio
Superficie utile	4206 m <sup>2</sup>
Superficie disperdente	4675 m <sup>2</sup>
Volume netto riscaldato	12127 m <sup>3</sup>
Volume lordo riscaldato	15635 m <sup>3</sup>
Rapporto S/V	0,30 1/m

DESCRIZIONE - Mensa	
Destinazione d'uso	Mensa
Tipologia edilizia	Edificio singolo
Tipologia costruttiva	Struttura in cemento armato con tamponamento in laterizio
Superficie utile	298 m <sup>2</sup>
Superficie disperdente	976 m <sup>2</sup>
Volume netto riscaldato	1562 m <sup>3</sup>
Volume lordo riscaldato	1910 m <sup>3</sup>
Rapporto S/V	0,51 1/m

## 2.2 Caratteristiche dell'involucro edilizio

### 2.2.1 Scuola secondaria di primo grado e magazzini comunali

La scuola secondaria di primo grado con annessi magazzini comunali presenta differenti tecnologie costruttive per le chiusure opache verticali ed orizzontali. Le chiusure opache verticali rivolte verso l'esterno sono realizzate mediante un'intelaiatura portante in cemento armato con tamponamento in laterizio forato. Le chiusure poste a diretto contatto con il terreno sono invece interamente in cemento armato. La copertura è in legno con finitura esterna in ardesia. Il solaio contro terra si compone di un unico strato di cemento armato poggiato su un vespaio in ghiaia. I serramenti della sola scuola secondaria, aventi morfologia differente, sono tutti in legno con doppio vetro privi di elementi oscuranti interni ed esterni. I magazzini comunali hanno serramenti in ferro con vetro singolo.

La Tabella 1 riporta una sintesi dei valori di trasmittanza termica considerati per i diversi elementi.

ELEMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]
Copertura	0,666
Solaio contro terra scuola	1,586
Solaio contro terra magazzini	2,530
Tamponamento esterno	1,147
Parete esterna	2,243
Parete contro terra	2,330
Porta ingresso	2,868
Portone automatico	2,842

ELEMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]
Porta REI	0,796
Porta finestra ingresso	3,091
Porta finestra ingresso laterale	3,113
Parete interna	2,134
Lucernario	5,375
Finestre scuola	3,209
Finestre tre vetri	3,098
Finestre bagni	3,338
Finestre sopra porta	3,449
Finestre ferro magazzini	5,900
Finestre legno magazzini	3,225

**Tabella 1 - Trasmittanza termica dei componenti costituenti l'involucro edilizio di scuola secondaria di primo grado e magazzini comunali**

Si rimanda all'Allegato 1.1 per l'abaco delle chiusure verticali, orizzontali, e dei serramenti.

### 2.2.2 Mensa

La mensa presenta due differenti tecnologie costruttive per le chiusure opache verticali ed orizzontali. Le chiusure opache verticali sono realizzate mediante un'intelaiatura portante in cemento armato con tamponamenti in laterizio forato. La copertura è interamente in legno con finitura esterna in ardesia. I serramenti, aventi morfologia differente, sono tutti in legno con doppio vetro privi di elementi oscuranti interni ed esterni.

La Tabella 2 riporta una sintesi dei valori di trasmittanza termica considerati per i diversi elementi.

ELEMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]
Copertura	0,666
Tamponamento esterno	1,147
Porta finestra ingresso	3,091
Finestre bagno lato interno	3,190
Finestre bagno lato strada	3,154
Finestre lato interno	3,209
Finestre lato strada	3,222
Finestre trapezoidali lato strada	3,266

**Tabella 2 - Trasmittanza termica dei componenti costituenti l'involucro edilizio della mensa**

Si rimanda all'Allegato 1.2 per l'abaco delle chiusure verticali, orizzontali, e dei serramenti.

### 2.3 Analisi termografica

L'analisi termografica ha evidenziato la presenza di discontinuità termiche di notevole entità nei punti di contatto tra elementi realizzati con materiali aventi caratteristiche differenti. Le dispersioni associate al ponte termico sono così identificabili:

- Giunto trave/pilastro - tamponamento in laterizio;
- Giunto parete perimetrale - copertura;
- Giunto parete perimetrale - serramento in legno;

Le schede riportate nelle pagine seguenti consentono di visualizzare le aree interessate dal fenomeno appena descritto.

#### Prospetto Nord-Est

##### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



##### RESPONSO TERMOCAMERA



#### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

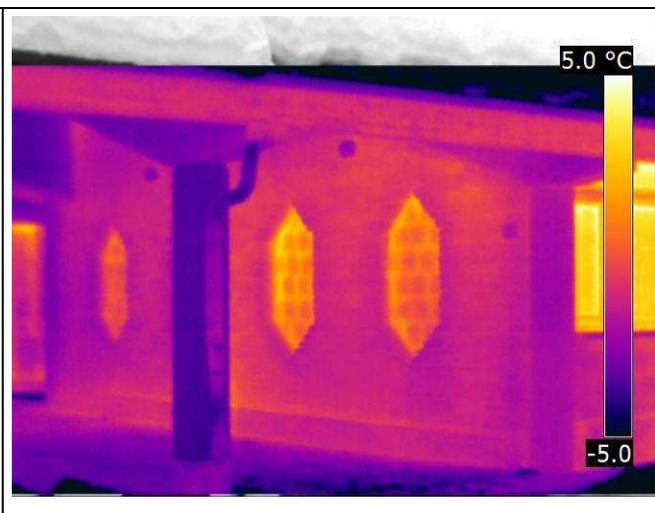
Si rileva una discontinuità termica lungo la linea di giunto tra la parete perimetrale ed i serramenti in legno e tra il pilastro ed i serramenti in legno. Non sono presenti discontinuità tra il solaio ligneo ed i serramenti in legno. Un manto di neve omogeneo impedisce il rilievo di eventuali anomalie collocate sulla copertura dell'edificio.

## Prospetto Sud-Est

### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



### RESPONSO TERMOCAMERA



### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

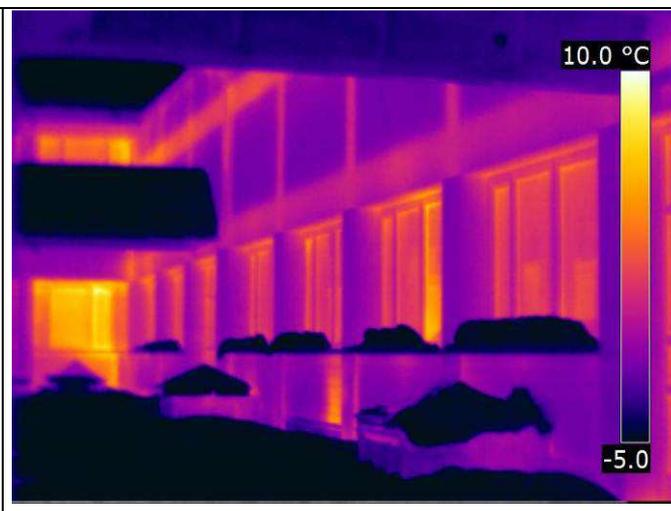
Si rileva una discontinuità termica in corrispondenza delle nicchie esagonali rilevate all'interno della parete. Il rivestimento esterno in pietra è omogeneo e non si identifica alcuna discontinuità interna. Non si rilevano fenomeni di condensazione interni alla parete.

## Prospetto Sud-Ovest

### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



### RESPONSO TERMOCAMERA



### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva una discontinuità termica lungo la linea di giunto tra la struttura portante in cemento armato ed il tamponamento in laterizio, tra la parete ed il pavimento e tra la parete ed il serramento in legno. La discontinuità presente nel tamponamento al di sotto del terzo serramento partendo da destra è da imputarsi ad una nicchia ricavata nel tamponamento stesso, all'interno della quale sono alloggiati alcune dotazioni impiantistiche.

## Prospetto Nord-Ovest

### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



### RESPONSO TERMOCAMERA



### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva una discontinuità termica lungo la linea di giunto tra la struttura portante in cemento armato ed il tamponamento in laterizio, tra la parete ed il serramento in legno e nel giunto tra parete e copertura. La presenza di un manto di neve omogeneo impedisce il rilievo di eventuali anomalie collocate sulla copertura dell'edificio. Il manto di neve stesso è da ritenersi il colpevole della discontinuità rilevata in corrispondenza del giunto tra copertura e parete perimetrale.

Dei quattro prospetti esaminati sono il fronte esposto a Sud-Ovest ed a Nord-Ovest a presentare criticità maggiori. La soluzione che consentirebbe non solo l'annullamento del ponte termico, ma anche un notevole contenimento delle dispersioni è la posa di uno strato di isolamento termico all'esterno della facciata.

## 2.4 Caratteristiche impiantistiche

### 2.4.1 Impianto termico

Il complesso scuola secondaria di primo grado con annessa mensa a servizio della scuola elementare e magazzini comunali, è dotato di impianto centralizzato per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria. A monte dell'impianto vi è una sottostazione di teleriscaldamento avente potenza termica di 1000 kW ubicata nella centrale termica posta al piano interrato della scuola elementare. Alla medesima sottostazione sono allacciati anche scuola elementare e auditorium. Eseguendo una ripartizione in funzione del volume lordo riscaldato servito dal generatore la quota parte di potenza termica a servizio della scuola secondaria con magazzini comunali è di 610 kW; alla mensa spettano invece 75 kW.

Dalla centrale termica si diramano due reti distinte; la prima va a servire la scuola elementare, la seconda si allaccia ad un collettore sito al piano interrato della scuola media. Dal collettore si staccano le diramazioni che raggiungono mensa, auditorium, magazzini comunali e scuola media.

L'acqua calda sanitaria, prima di essere inviata alle utenze, viene convogliata all'interno di due serbatoi di accumulo di cui uno ad uso esclusivo della scuola elementare.

L'impianto termico è a conduzione continua con attenuazione nelle ore notturne; la regolazione è del tipo climatico più ambiente. Sul generatore di calore agisce infatti una sonda esterna che regola la temperatura di mandata dell'acqua calda in funzione della temperatura esterna. All'interno di ogni ambiente vi è poi un termostato a regolazione manuale che consente agli utenti di modificare la temperatura del locale.

I terminali di emissione sono costituiti da fancoili e radiatori; i radiatori sono situati unicamente nei bagni.

Il complesso non presenta alcun impianto per la climatizzazione estiva.

Ad essere alimentato con fonti energetiche rinnovabili è la sola rete di teleriscaldamento, che utilizza come combustibile il cippato di legno.

La ventilazione è di tipo naturale. Nella zona lavaggio della mensa è presente una cappa per l'estrazione dell'aria avente portata di 1500 m<sup>3</sup>/h. Nella cucina vi è una cappa di estrazione avente portata di 3500 m<sup>3</sup>/h.

Di seguito vengono presentate alcune tabelle che sintetizzano i principali componenti degli impianti fino ad ora descritti. Poiché il medesimo impianto serve sia la scuola secondaria con annessi magazzini comunali che la mensa, i dati riportati sono da intendersi come comuni ai due edifici.

GENERATORE DI CALORE	
Marca	Alfa Laval
Modello	M10 BFM 147
Potenza termica utile	1000 kW totali; 685 kW per scuola, mensa e magazzini
Fluido termovettore	Acqua
Uso	Riscaldamento e ACS
Rendimento medio di generazione	90%

ACCUMULO ACS	
Marca	Cordivari
Modello	-
Capacità	500 l totali; 305 l zona scuola e magazzini; 37 l zona mensa

CONDUZIONE	
Tipologia	Continua con attenuazione notturna
Orari	Attenuazione 18:00 – 6:00
Temperature	Durante attenuazione 15°C

REGOLAZIONE	
Tipologia	Climatica più ambiente
REGOLAZIONE CLIMATICA	
Tipologia	Con sonda esterna
Funzioni svolte	Regolazione della temperatura di mandata del generatore in funzione della temperatura esterna
Impostazioni	Temperatura esterna minima di progetto: - 11,725°C; Temperatura massima di mandata dell'impianto: 70°C
REGOLAZIONE AMBIENTE	
Tipologia regolatori	Con termostati
Numero regolatori	32
Funzioni svolte	Regolazione della temperatura nel locale
Impostazioni	ON/OFF

CONTABILIZZAZIONE CLIMATIZZAZIONE	
Marca	Raab Karcher
Modello	Sensonic
Numero di apparecchi	6
Dislocazione	Locale pompe piano interrato scuola media
Funzioni svolte	Contacalorie
Unità di Misura	kWh

CONTABILIZZAZIONE ACS	
Marca	Raab Karcher
Modello	Sensonic
Numero di apparecchi	1
Dislocazione	Locale pompe piano interrato scuola media
Funzioni svolte	Contacalorie
Unità di Misura	kWh

TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA - Scuola secondaria e magazzini comunali		
Tipologia	Numero	Potenza termica nominale
Fancoil	39	2919 W/cad
Radiatori	13	971 W/cad
Aerotermini ad acqua	7	8500 W/cad

TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA - Mensa		
Tipologia	Numero	Potenza termica nominale
Fancoil	10	3276 W/cad
Radiatori	1	1026 W/cad



**Figura 10 - Centrale termica sita al piano interrato della Scuola Elementare**



**Figura 11 - Locale pompe sito al piano interrato della Scuola secondaria di primo grado**

### 2.4.2 Impianto elettrico

L'impianto elettrico, a differenza di quello termico, non è a servizio dell'intero fabbricato; scuola secondaria di primo grado, mensa, magazzini comunali e auditorium, sono allacciati separatamente alla rete pubblica. Le singole potenze impegnate sono pari a:

- Scuola secondaria: 50 kW;
- Magazzini comunali: 10 kW;
- Mensa: 37 kW.

Essendo tre utenze differenti, verranno analizzate separatamente.

L'area adibita a scuola secondaria presenta una serie di apparecchiature quali computer, stampanti, proiettori propeudeutici all'attività scolastica; l'illuminazione è realizzata per mezzo di lampade al neon.

Nei magazzini comunali le utenze allacciate alla rete elettrica sono per lo più asservite al ristoro degli impiegati; l'illuminazione avviene attraverso lampade al neon.

## Scuola secondaria con annessa mensa e magazzini comunali

All'interno della zona mensa sono presenti apparecchi per la conservazione dei cibi ed il lavaggio delle stoviglie; l'illuminazione utilizza lampade al neon.

Nelle tabelle seguenti sono elencate le utenze interne allacciate alla rete ed i corpi illuminanti presenti suddivisi per scuola secondaria, magazzini e scuola media; per ciascuna voce è riportata la potenza elettrica totale assorbita.

UTENZA INTERNA - Scuola secondaria		
Tipologia	Numero	Potenza totale assorbita
Forni	3	21450 W
Abbattitore	1	1800 W
Frigorifero	1	200 W
Estrattori aria	2	160 W
Ascensore	1	2000 W
Computer	30	7000 W
Stampanti	3	2580 W
Server	1	800 W
Televisori	7	560 W
Amplificatore	1	130 W
Distributore automatico	1	150 W

ILLUMINAZIONE INTERNA - Scuola secondaria		
Tipologia Lampada	Numero	Potenza totale assorbita
Neon 1x54 W	329	17766 W
Neon 1x36 W	32	1152 W
Neon 2x36 W	10	720 W

UTENZA INTERNA - Magazzini comunali		
Tipologia	Numero	Potenza totale assorbita
Lavatrici	3	2860 W
Lavaggio mezzi	1	3400 W
Compressore	1	2200 W
Frigorifero	1	140 W
Piastre elettriche	1	8200 W
Radiatore elettrico	1	1200 W

ILLUMINAZIONE INTERNA - Magazzini comunali		
Tipologia Lampada	Numero	Potenza totale assorbita
Neon 1x54 W	36	1944 W
Neon 1x36 W	5	180 W

ILLUMINAZIONE INTERNA - Magazzini comunali		
Tipologia Lampada	Numero	Potenza totale assorbita
Neon 2x36 W	1	72 W
Neon 1x18 W	3	54 W

UTENZA INTERNA - Mensa		
Tipologia	Numero	Potenza totale assorbita
Congelatore	1	180 W
Congelatore	2	1000 W
Congelatore	2	500 W
Lavastoviglie	1	10600 W

ILLUMINAZIONE INTERNA - Mensa		
Tipologia Lampada	Numero	Potenza totale assorbita
Neon 1x54 W	42	2268 W
Neon 1x36 W	5	180 W

## 2.5 Analisi energetiche e dei consumi

### 2.5.1 Impianto termico

Il sistema impiantistico a servizio del complesso è alimentato da uno scambiatore di teleriscaldamento avente, per la sola volumetria occupata da scuola secondaria con annessi mensa e magazzini comunali, potenza di 685 kW. A monte dello scambiatore di calore vi è una centrale di teleriscaldamento alimentata con cippato di legno o biomassa.

Il potere calorifico del cippato di legno è funzione del tipo di legno utilizzato e dell'umidità residua. Assumiamo che il cippato impiegato sia prodotto a partire dal legno di abete avente umidità residua del 30%.

FONTI RINNOVABILI - CIPPATO	
Unità di misura	kg
Potere calorifico	1 kg cippato (M 30%) = 3,4 kWh
Utilizzo	Riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria

FONTI RINNOVABILI - CIPPATO					
Anno	Consumo cippato [kg]	kWh equivalenti	CO <sub>2</sub> prodotta [kg]	Costi sostenuti [€]	Costo per kWh [€/kWh]
2009	184962	628871	8804,19	74898,54	0,1191
2010	231750	787949	11031,29	94869,06	0,1204

In Tabella 3 si riportano gli indici di consumo della scuola secondaria con annessi magazzini comunali per gli anni 2009, 2010 e gli indicatori derivanti dal calcolo analitico.

Descrizione	Periodo di accensione dell'impianto	Volume edificio [m <sup>3</sup> ]	Consumi [kWh]	Indice di consumo [kWh/m <sup>3</sup> ]
Anno 2009	Non rilevabile		527821	33,76
Anno 2010	1 gennaio - 25 maggio; 28 settembre - 31 dicembre	15635,00	660285	42,23
Calcolato	5 ottobre - 22 aprile		1112526	71,16

**Tabella 3 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base stagionale di scuola secondaria e magazzini comunali**

In Tabella 4 si riportano gli indici di consumo della mensa per gli anni 2009, 2010 e gli indicatori derivanti dal calcolo analitico.

Descrizione	Periodo di accensione dell'impianto	Volume edificio [m <sup>3</sup> ]	Consumi [kWh]	Indice di consumo [kWh/m <sup>3</sup> ]
Anno 2009	Non rilevabile		101050	52,91
Anno 2010	1 gennaio - 25 maggio; 28 settembre - 31 dicembre	1910,00	127664	66,84
Calcolato	5 ottobre - 22 aprile		190160	99,56

**Tabella 4 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base stagionale della mensa**

Si evidenzia una netta discrepanza tra tutti gli indici di consumo; la ragione di tale divario è da ricercarsi nella durata della stagione di riscaldamento. Il Decreto del Presidente della Repubblica n°412 del 26 agosto 1993 stabilisce i limiti annuali e giornalieri di attivazione degli impianti termici, ma non pone alcun vincolo temporale per tutti quegli impianti a servizio di edifici ubicati nella zona climatica F. Il software di calcolo messo a disposizione dalla Regione Valle d'Aosta basa invece la durata del periodo di riscaldamento su quanto sancito nella normativa nazionale UNI/TS 11300-1:2008.

Vi è quindi la mancanza di un periodo fisso cui riferirsi necessario ad effettuare un confronto su base stagionale; per validare il modello termico edificio-impianto si è perciò effettuata un'analisi degli indici di consumo su base oraria.

In Tabella 5 e Tabella 6 sono riportati gli indici di consumo su base oraria con i giorni e le ore in cui l'impianto di riscaldamento si è supposto acceso. In particolare si è ipotizzato che l'impianto funzioni per dieci ore, dalle 8:00 alle 18:00 a pieno regime, per poi procedere impiegando solo il 30% della potenza. Quattordici ore al 30% della potenza complessiva equivalgono a 4,2 ore di potenza attenuata. A consentirci di effettuare tale supposizione in merito alle ore di funzionamento è la presenza, dichiarata, di un impianto di attenuazione notturna; l'attenuazione notturna implica che nelle ore in cui l'edificio è privo di fruitori la temperatura di mandata dell'acqua nelle tubazioni sia mantenuta ad un livello tale da impedire unicamente il gelo all'interno della tubazione stessa.

Poiché non si ha a disposizione alcun dato riguardo l'anno 2009, il confronto è stato eseguito sulla base dei soli dati rilevati per l'anno 2010.

Descrizione	Consumi [kWh]	Giorni di riscaldamento	Consumo giornaliero [kWh/giorno]	Ore di riscaldamento/giorno	Consumo orario [kWh/ora]
Anno 2010	660285	240	2751,19	14	196,51
Calcolato	1112526	200	5590,58	24	232,94

**Tabella 5 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base oraria di scuola secondaria e magazzini comunali**

Descrizione	Consumi [kWh]	Giorni di riscaldamento	Consumo giornaliero [kWh/giorno]	Ore di riscaldamento/giorno	Indice di consumo orario [kWh/ora]
Anno 2010	127664	240	531,93	14	38,00
Calcolato	190160	200	955,58	24	39,82

**Tabella 6 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base oraria della mensa**

Eseguendo un confronto su base oraria si assottiglia il divario rilevato in Tabella 3 e Tabella 4 tra gli indici di consumo reale e calcolato. La discrepanza presente in Tabella 5 è imputabile alla presenza di diverse ramificazioni all'interno dell'impianto termico generale. Ogni ramificazione è a servizio di un piano o parte di piano dell'edificio e possiede una propria regolazione oraria. All'interno del modello matematico non è però possibile inserire ogni circuito separatamente; il dato che si ottiene è da considerarsi come medio per l'intero edificio. Tuttavia, ipotizzando ragionevolmente le ore di funzionamento dell'impianto, è possibile individuare un punto di incontro tra il modello matematico e l'esistente. La congruenza tra dato teorico e reale valida il modello matematico, conferendo veridicità alle stime inerenti la riduzione di consumi derivanti dagli interventi migliorativi proposti.

### 2.5.2 Impianto elettrico

L'energia elettrica consumata all'interno del complesso comprendente scuola secondaria di primo livello con annessi magazzini comunali e mensa per l'anno 2010 è di 70836 kWh. Il consumo è così suddiviso:

- Scuola secondaria: 43383 kWh;
- Magazzini comunali: 9982 kWh;
- Mensa: 17471 kWh.

Nelle tabelle sottostanti viene dettagliato il suddetto consumo riferito all'anno 2010.

Si è utilizzato un fattore di conversione pari 616 g di CO<sub>2</sub> per ogni kWh di energia elettrica erogato dalla rete nazionale.

ENERGIA ELETTRICA	
Unità di misura	kWh
Utilizzo	Illuminazione e alimentazione apparecchiature

ENERGIA ELETTRICA				
Edificio	Consumo energia [kWh]	CO <sub>2</sub> prodotta [kg]	Costi sostenuti [€]	Costo per kWh [€/kWh]
Scuola secondaria	43383	26724	6862,77	0,158
Magazzini comunali	9982	6149	1833,28	0,184
Mensa	17471	10762	3269,45	0,187

Le utenze allacciate alla rete (cfr. paragrafo 2.4.2) hanno orari di funzionamento variabili a seconda dell'utilizzo che ne viene fatto. Ipotizzando l'orario di funzionamento di ciascun apparecchio o lampada, è possibile verificare come si ripartiscono i kWh nel corso di un anno. In Tabella 7, Tabella 8, Tabella 9 e nella successiva Figura 12, Figura 13, Figura 14 è possibile visualizzare la ripartizione annua dei consumi in funzione dell'utenza.

## Scuola secondaria con annessa mensa e magazzini comunali

Si suppone che l'impianto di scuola secondaria di primo livello e mensa non sia in funzione durante il periodo estivo in cui le scuole sono chiuse.

Alla voce Altro è riportata la differenza tra il dato di consumo reale ed il consumo annuo totale ipotizzato, dato dalla somma delle stime dei consumi annui delle singole utenze.

Utenza	Potenza totale assorbita [W]	Ore funzionamento giornaliero [h/g]	Giorni funzionamento [g]	Consumo annuo [kWh]	Totale [kWh]
Forni	21450	1	175	3754	43083
Abbattitore	1800	1	75	135	
Frigorifero	200	24	273	1310	
Estrattori aria	160	10	273	437	
Ascensore	2000	10	273	5460	
Computer	7000	3	175	3675	
Stampanti	2580	6	175	2709	
Server	800	24	273	5242	
Televisori	560	8	175	784	
Amplificatore	130	2	175	46	
Distributore automatico	150	24	175	630	
Lampade neon	19638	5,5	175	18902	

Tabella 7 - Consumo annuo in kWh delle singole utenze elettriche della scuola secondaria

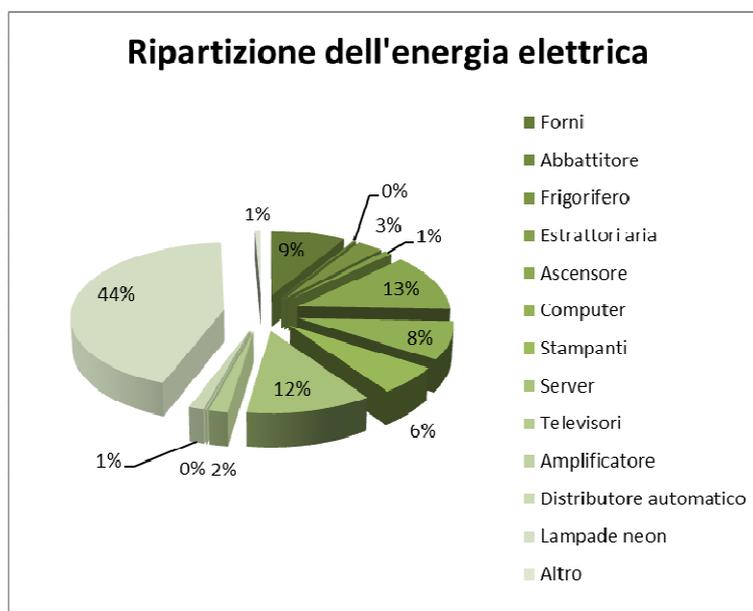


Figura 12 - Ripartizione annuale dei consumi della scuola secondaria

L'analisi dei consumi identifica nelle lampade al neon la componente più energivora. Il dato tuttavia non deve stupire poiché, come visto al paragrafo 2.4.2, il numero di corpi illuminanti è decisamente significativo e pari a 371 elementi. Trattandosi di lampade a fluorescenza, le più efficienti presenti in commercio, non se ne suggerisce la sostituzione, ma si consiglia di sensibilizzare i fruitori ad effettuare un uso più consapevole dell'illuminazione.

Utenza	Potenza totale assorbita [W]	Ore funzionamento giornaliera [h/g]	Giorni funzionamento [g]	Consumo annuo [kWh]	Totale [kWh]
Lavatrici	2860	1	104	297	9641
Lavaggio mezzi	3400	8	52	1414	
Compressore	2200	2	260	1144	
Frigorifero	140	24	365	1226	
Piastre elettriche	8200	1	260	2132	
Radiatore elettrico	1200	6	151	1087	
Lampade neon	2250	4	260	2340	

Tabella 8 - Consumo annuo in kWh delle singole utenze elettriche dei magazzini comunali

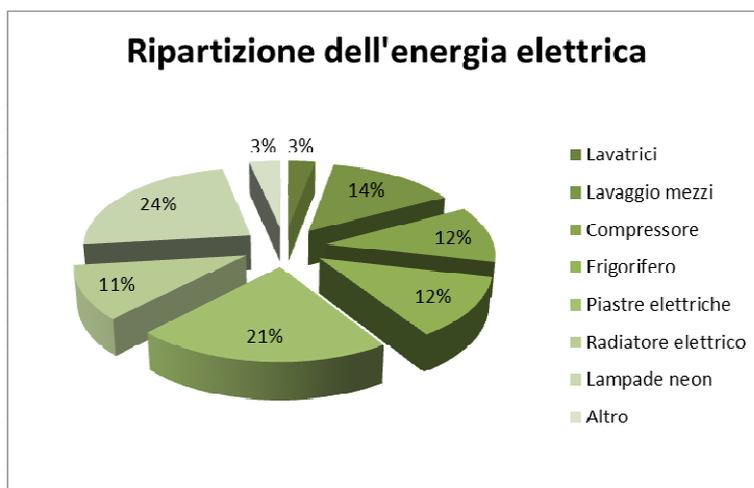
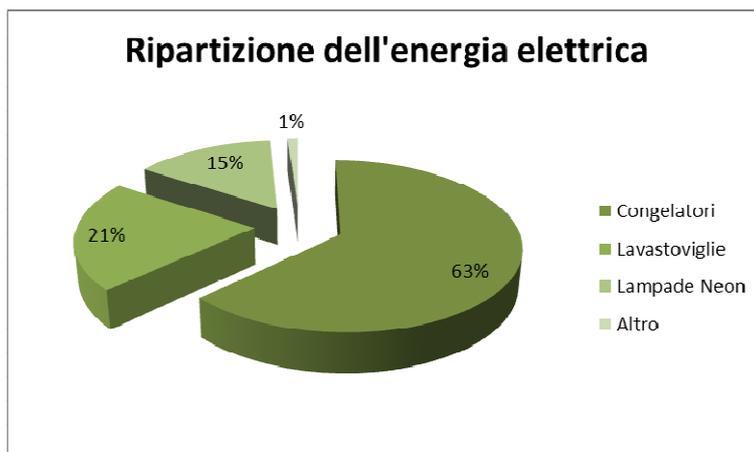


Figura 13 - Ripartizione annuale dei consumi dei magazzini comunali

L'analisi dei consumi identifica nelle piastre elettriche l'apparecchio più energivoro. La ragione di tale dato è da imputare all'elevato assorbimento che l'apparecchio ha nelle ore in cui è in funzione al massimo della potenza. Come accadeva per la scuola anche nel caso dei magazzini si suggerisce una maggiore attenzione verso l'illuminazione, poiché responsabile di un quarto del consumo annuo anche a fronte dell'installazione di apparecchi a fluorescenza.

Utenza	Potenza totale assorbita [W]	Ore funzionamento giornaliera [h/g]	Giorni funzionamento [g]	Consumo annuo [kWh]	Totale [kWh]
Congelatori	1680	24	273	11007	17288
Lavastoviglie	10600	2	175	3710	
Lampade neon	2448	6	175	2570	

Tabella 9 - Consumo annuo in kWh delle singole utenze elettriche della mensa



**Figura 14 - Ripartizione annuale dei consumi della mensa**

L'analisi dei consumi identifica nella lavastoviglie l'apparecchio più energivoro. Sebbene l'utilizzo della lavastoviglie stessa sia estremamente limitato rispetto a congelatori e lampade al neon, la potenza assorbita è tale da rendere il macchinario responsabile di quasi un quinto della spesa complessiva per l'approvvigionamento di energia elettrica.

Non è indicativo proporre in questa sede la sostituzione anche solo di uno degli apparecchi installati. Prima di effettuare qualsiasi modifica è infatti consigliata una fase di monitoraggio dei consumi reali associati a ciascuna utenza. Solo a seguito della fase di monitoraggio si potrà procedere al cambio dell'utenza responsabile del consumo maggiore.

### 3 Diagnosi energetica

#### 3.1 Scuola secondaria di primo livello con annessi magazzini comunali

La struttura si compone di due zone termiche distinte:

- Scuola secondaria, avente volumetria lorda pari a 12025 m<sup>3</sup>;
- Magazzini comunali, caratterizzati da un volume lordo di 3610 m<sup>3</sup>.

Le dispersioni riscontrate avvengono in entrambi i casi verso l'esterno o verso il terreno, non vi sono quindi zone termiche non climatizzate. Il riscaldamento è di tipo centralizzato, alimentato da un uno scambiatore allacciato alla rete comunale del teleriscaldamento.

##### 3.1.1 Parametri caratterizzanti le zone termiche

DATI CLIMATICI DELLA LOCALITA'	
Comune	Morgex (AO)
Zona climatica	F
Temperatura invernale minima di progetto dell'aria esterna	- 20,0 °C
Temperatura massima estiva	26,8 °C
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	241,81 W/m <sup>2</sup>
Umidità relativa dell'aria di progetto per la climatizzazione estiva	77,6 %

DATI TECNICI DELL'EDIFICIO	
Temperatura interna per la climatizzazione invernale o il riscaldamento	20,0 °C
Umidità relativa interna per la climatizzazione invernale	50%
Temperatura interna per la climatizzazione estiva o il raffrescamento	26,0 °C
Umidità relativa interna per la climatizzazione estiva	50%

##### 3.1.2 Involucro edilizio della zona termica scuola secondaria

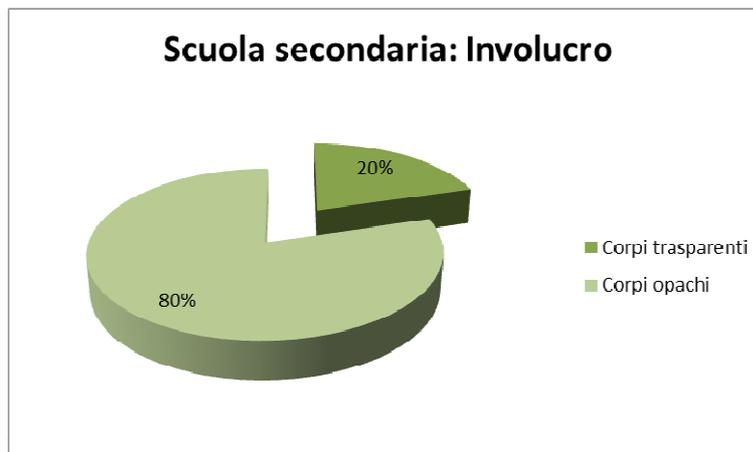
Le potenza dissipata per trasmissione attraverso le strutture disperdenti che delimitano l'involucro edilizio è pari a 203,26 kW.

I dati riportati in Tabella 10 e Tabella 11 mostrano quali siano i componenti che influiscono maggiormente sulle dispersioni per trasmissione; i grafici in Figura 15, Figura 16, Figura 17 e Figura 18 mostrano le percentuali di involucro trasparente e opaco e le dispersioni ad essi associate.

Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica [W/K]
Corpi trasparenti	671,4	3,13	94.289	2102,29
Trasparenti/Totale	20,31%		46,39%	44,67%
Corpi opachi	2633,8	0,99	108.964	2603,87

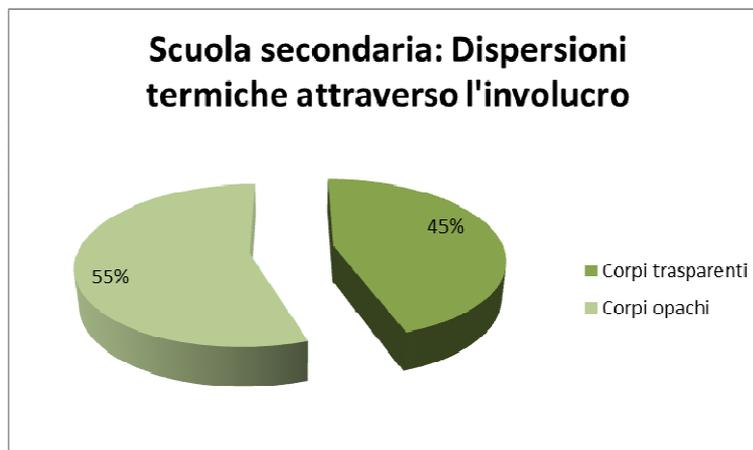
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica [W/K]
Opachi/Totale	79,69%		53,61%	55,33%

**Tabella 10 - Geometria e caratteristiche tecniche delle strutture disperdenti componenti l'involucro edilizio**



**Figura 15 - STRUTTURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

Ripartizione percentuale delle strutture opache e trasparenti componenti l'involucro edilizio



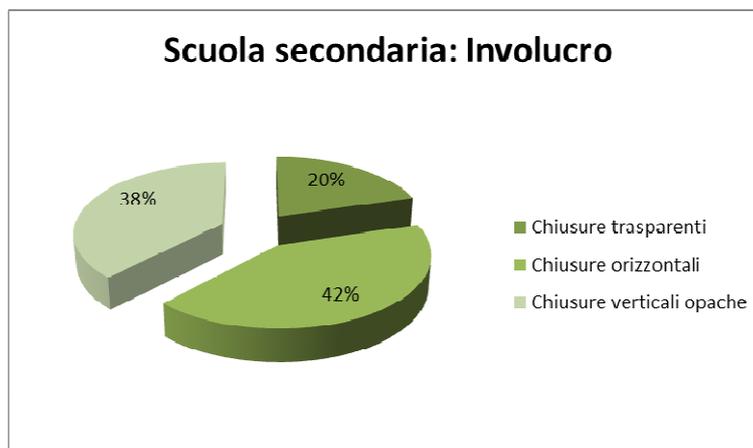
**Figura 16 - DISPERSIONE TERMICA**

Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le strutture opache e trasparenti disperdenti componenti l'involucro edilizio

Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica attraverso l'involucro [W/K]
Chiusure trasparenti	671,4	3,13	94.289	2102,29
Trasparenti/Totale	20,31%		46,39%	44,67%

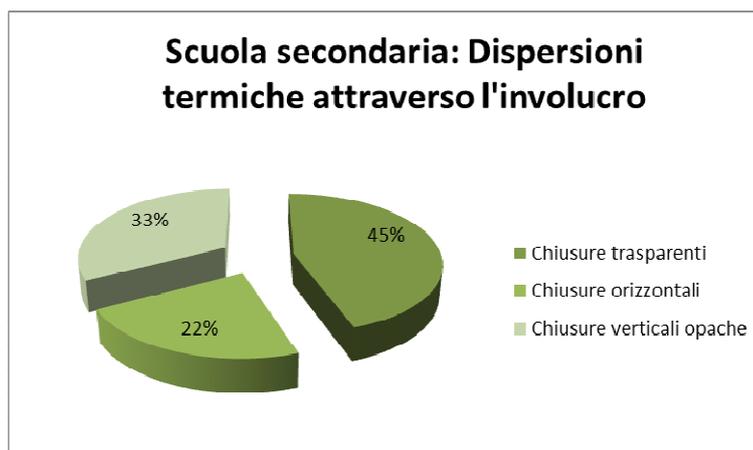
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata condizioni minime progetto [W]	in di	Coefficiente di dispersione termica attraverso l'involucro [W/K]
Chiusure orizzontali	1382,8	0,77	40.050		1066,30
Orizzontali/Totale	41,84%		19,70%		22,66%
Chiusure verticali opache	1251	1,23	68.914		1537,57
Verticali/Totale	37,85%		33,91%		32,67%

**Tabella 11 - Geometria e caratteristiche tecniche delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti delimitanti l'involucro edilizio**



**Figura 17 - CHIUSURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

Ripartizione percentuale delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali componenti l'involucro



**Figura 18 - DISPERSIONE TERMICA**

Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti componenti l'involucro

Dall'analisi effettuata si osserva come vari il comportamento delle chiusure a seconda che queste siano opache o trasparenti. I serramenti infatti, pur costituendo solo un quinto della superficie disperdente totale, causano il 45% delle dispersioni per trasmissione. La ragione di tale difformità è da imputare alla

trasmissione termica, superiore di oltre tre volte quella media delle chiusure opache (cfr. Tabella 10). La copertura è la struttura più performante, poiché contribuisce ad un quinto della dispersione totale pur essendo l'elemento più presente. Le chiusure verticali opache numericamente non forniscono cattive prestazioni (il 33% di dispersione contro il 38% di superficie occupata) ma sono l'elemento in cui le dispersioni generate dal ponte termico hanno una maggiore incidenza (si confronti a tal proposito l'analisi termografica del prospetto Nord-Ovest).

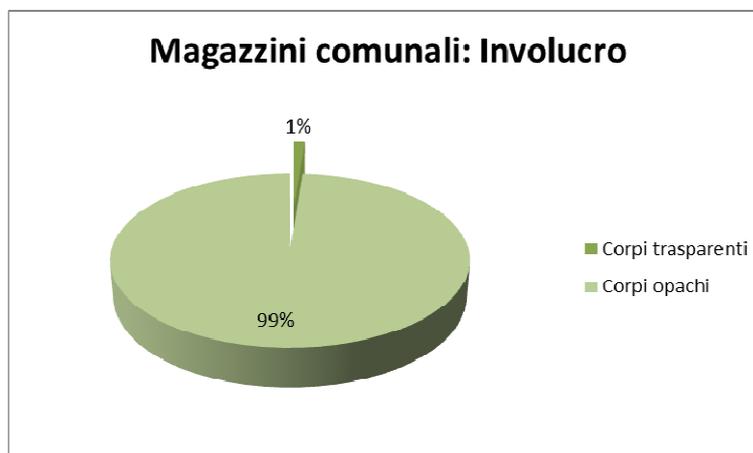
### 3.1.3 Involucro edilizio della zona termica magazzini comunali

Le potenza dissipata per trasmissione attraverso le strutture disperdenti che delimitano l'involucro edilizio è pari a 31,52 kW.

I dati riportati in Tabella 12 e Tabella 13 mostrano quali siano i componenti che influiscono maggiormente sulle dispersioni per trasmissione; i grafici in Figura 19, Figura 20, Figura 21 e Figura 22 mostrano le percentuali di involucro trasparente e opaco e le dispersioni ad essi associate.

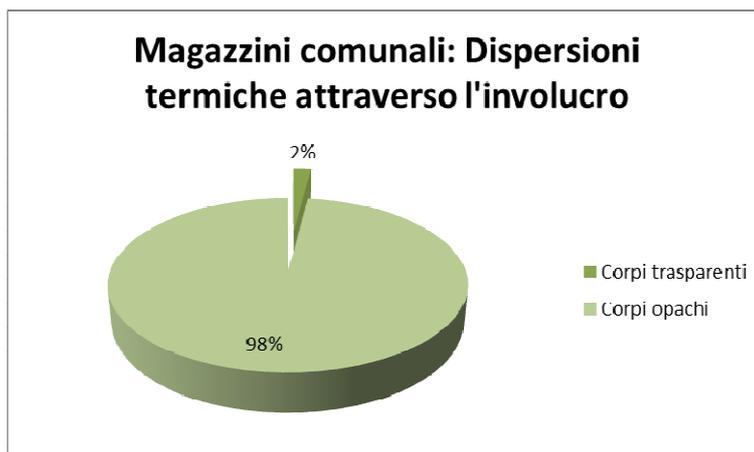
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica [W/K]
Corpi trasparenti	18	5,60	4.262	100,85
Trasparenti/Totale	1,28%		13,52%	2,06%
Corpi opachi	1387,2	3,45	27.257	4787,80
Opachi/Totale	98,72%		86,48%	97,94%

**Tabella 12 - Geometria e caratteristiche tecniche delle strutture disperdenti componenti l'involucro edilizio**



**Figura 19 - STRUTTURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

Ripartizione percentuale delle strutture opache e trasparenti componenti l'involucro edilizio

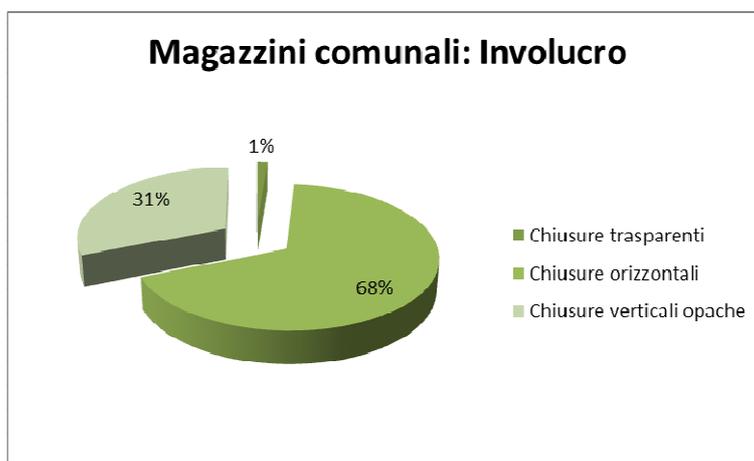


**Figura 20 - DISPERSIONE TERMICA**

**Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le strutture opache e trasparenti disperdenti componenti l'involucro edilizio**

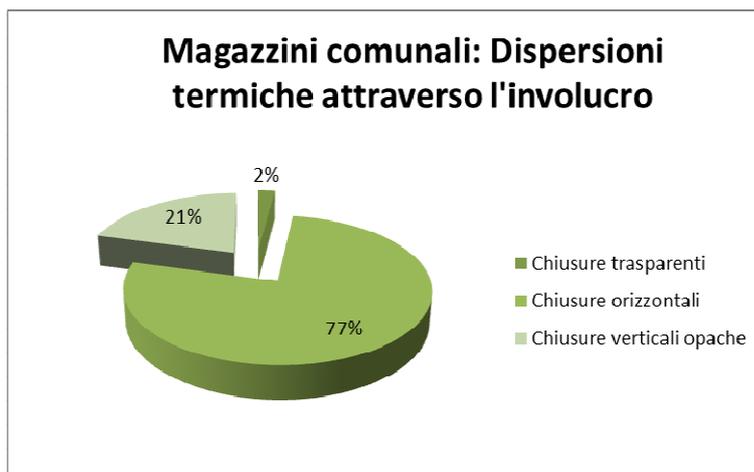
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata condizioni minime progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica attraverso l'involucro [W/K]
Chiusure trasparenti	18	5,60	4.262	100,85
Trasparenti/Totale	1,28%		13,52%	2,06%
Chiusure orizzontali	950	3,97	16.956	3767,70
Orizzontali/Totale	67,61%		53,80%	77,07%
Chiusure verticali opache	437,2	2,33	10.301	1020,10
Verticali/Totale	31,11%		32,68%	20,87%

**Tabella 13 - Geometria e caratteristiche tecniche delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti delimitanti l'involucro edilizio**



**Figura 21 - CHIUSURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

**Ripartizione percentuale delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali componenti l'involucro**



**Figura 22 - DISPERSIONE TERMICA**

**Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti componenti l'involucro**

Dall'analisi effettuata si osserva come le chiusure orizzontali siano, in questo caso, l'elemento meno performante dell'involucro; il 68% della superficie occupata genera il 77% della dispersione totale. Da sottolineare è la bassa incidenza dei serramenti poiché, sebbene dissipino il doppio rispetto alla superficie occupata, non vanno oltre il 2% del dato complessivo.

### 3.1.4 Indici di prestazione energetica

Alla luce di quanto esposto nelle pagine precedenti vengono riportati gli indici di prestazione energetica per la zona termica e la relativa classificazione energetica (cfr. Figura 23).

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA		
$E_{p, \text{lim}}$	12,41 kWh/m <sup>3</sup> anno	Valore limite di indice di prestazione energetica per il riscaldamento o climatizzazione invernale secondo Allegato A D.M. 11/03/2008 e s.m.i.
$E_{p_i}$	60,32 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione invernale
$E_{p_{acs}}$	8,66 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per produzione di acqua calda sanitaria
$E_{p_e}$	2,18 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione estiva
$E_{p_{ill}}$	13,79 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
$E_{p_{gl}}$	84,94 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica globale, dato dalla somma di $E_{p_i}$ , $E_{p_{acs}}$ , $E_{p_e}$ , $E_{p_{ill}}$
$\eta_{gl,i}$	0,69	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione invernale
$\eta_{gl,acs}$	n.r.	Rendimento globale medio stagionale per produzione di acqua calda sanitaria
$\eta_{gl,e}$	0,92	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione estiva
$\eta_{gl,ill}$	0,45	Rendimento globale medio stagionale per l'illuminazione artificiale
$CO_2$	1,19 kg/m <sup>3</sup> anno	Emissioni di $CO_2$
$En$	327214 kg	Consumo annuo nominale di cippato di legno per i soli usi termici

È opportuno sottolineare il divario esistente tra l'indice di prestazione energetica limite,  $E_{p, \text{lim}}$ , e l'indice di prestazione reale  $E_{p_i}$ . La legislazione vigente impone che tutti i nuovi edifici realizzati all'interno della zona

Scuola secondaria con annessa mensa e magazzini comunali

climatica F abbiano un consumo di ben 4,9 volte inferiore a quello calcolato per la scuola secondaria di primo grado con annessi magazzini comunali.

L'edificio in analisi eccede del 490% il valore limite.

La normativa UNI TS 11300, sulla quale il software di calcolo Beauclimat si basa, non definisce un fabbisogno giornaliero di litri di acqua calda sanitaria per gli edifici scolastici. Non è quindi possibile calcolare il rendimento globale medio stagionale per produzione di acqua calda sanitaria  $\eta_{gl,acs}$ .

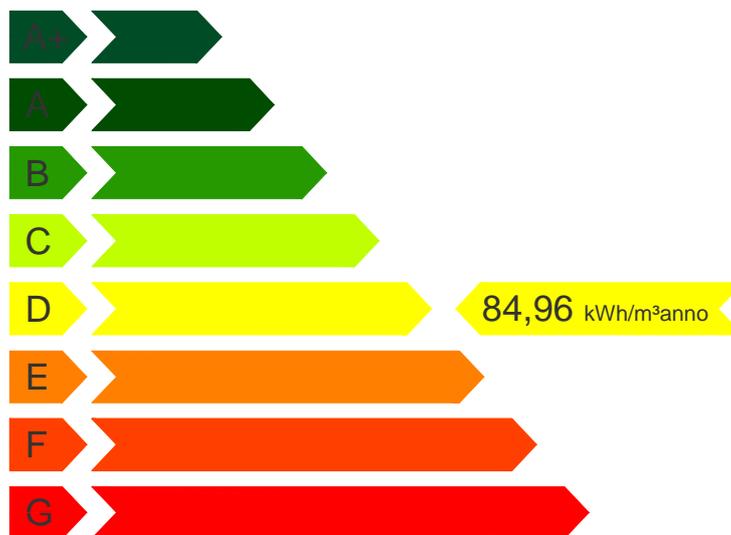


Figura 23 - CLASSIFICAZIONE ENERGETICA

### 3.2 Mensa

La struttura si compone di una sola zona termica avente volumetria lorda complessiva di 1910 m<sup>3</sup> comprendente l'area per la consumazione dei pasti, i bagni e il lavaggio stoviglie. Le dispersioni riscontrate avvengono interamente verso l'esterno, non vi sono quindi zone termiche non climatizzate. Il riscaldamento è di tipo centralizzato, alimentato da un uno scambiatore allacciato alla rete comunale del teleriscaldamento.

#### 3.2.1 Parametri caratterizzanti la zona termica

DATI CLIMATICI DELLA LOCALITA'	
Comune	Morgex (AO)
Zona climatica	F
Temperatura invernale minima di progetto dell'aria esterna	- 20,0 °C
Temperatura massima estiva	26,8 °C
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	241,81 W/m <sup>2</sup>
Umidità relativa dell'aria di progetto per la climatizzazione estiva	77,6 %

DATI TECNICI DELL'EDIFICIO	
Temperatura interna per la climatizzazione invernale o il riscaldamento	20,0 °C
Umidità relativa interna per la climatizzazione invernale	50%
Temperatura interna per la climatizzazione estiva o il raffrescamento	26,0 °C
Umidità relativa interna per la climatizzazione estiva	50%

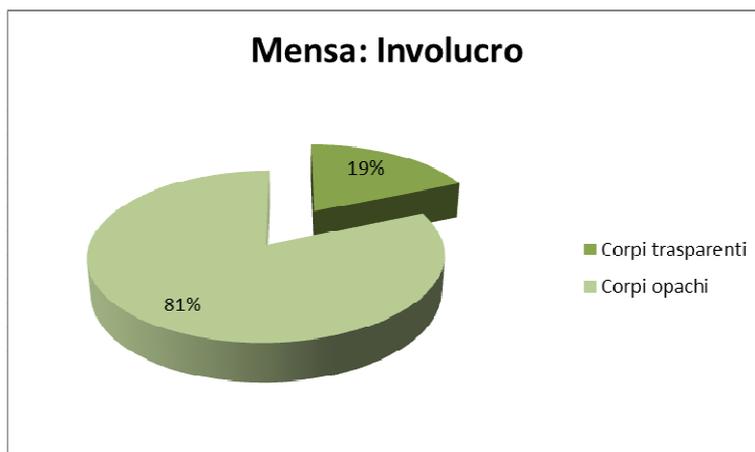
#### 3.2.2 Involucro edilizio

Le potenza dissipata per trasmissione attraverso le strutture disperdenti che delimitano l'involucro edilizio è pari a 49,12 kW.

I dati riportati in Tabella 14 e Tabella 15 mostrano quali siano i componenti che influiscono maggiormente sulle dispersioni per trasmissione; i grafici in Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27 mostrano le percentuali di involucro trasparente e opaco e le dispersioni ad essi associate.

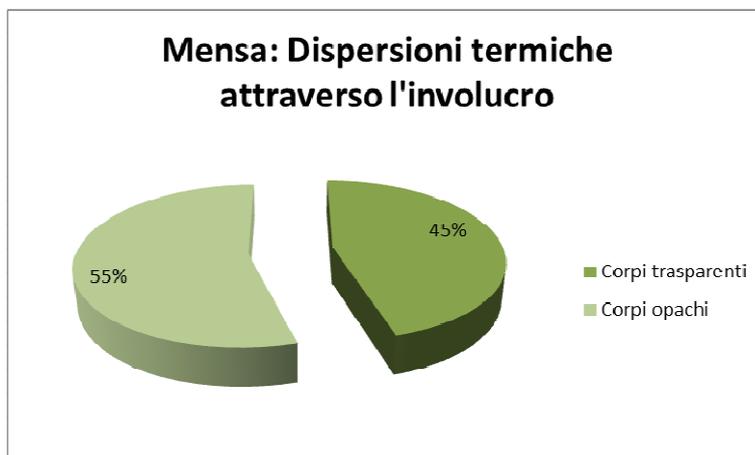
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica [W/K]
Corpi trasparenti	153,1	3,21	22.222	490,88
Trasparenti/Totale	18,61%		45,25%	45,47%
Corpi opachi	669,4	0,88	26.891	588,63
Opachi/Totale	81,39%		54,75%	54,53%

**Tabella 14 - Geometria e caratteristiche tecniche delle strutture disperdenti componenti l'involucro edilizio**



**Figura 24 - STRUTTURE DISPUDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

Ripartizione percentuale delle strutture opache e trasparenti componenti l'involucro edilizio

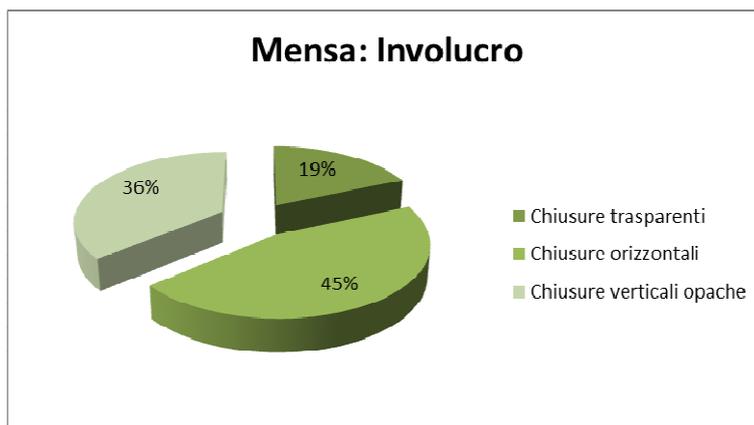


**Figura 25 - DISPERSIONE TERMICA**

Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le strutture opache e trasparenti disperdenti componenti l'involucro edilizio

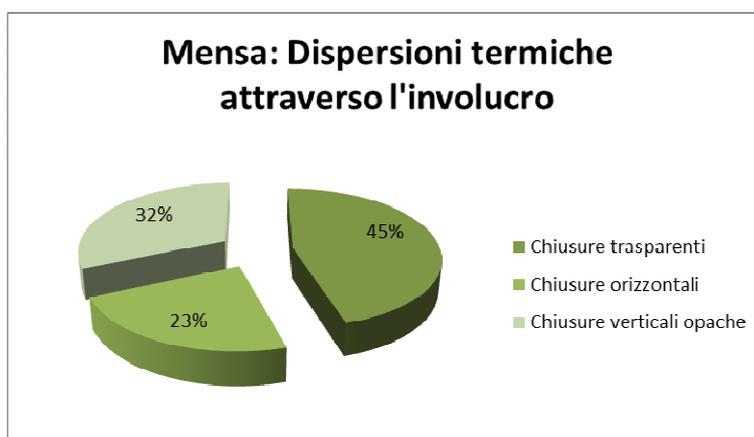
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica attraverso l'involucro [W/K]
Chiusure trasparenti	153,1	3,21	22.222	490,88
Trasparenti/Totale	18,61%		45,25%	45,47%
Chiusure orizzontali	372,5	0,666	11.904	248,09
Orizzontali/Totale	45,29%		24,24%	22,98%
Chiusure verticali opache	296,9	1,15	14.987	340,54
Verticali/Totale	36,10%		30,52%	31,55%

**Tabella 15 - Geometria e caratteristiche tecniche delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti delimitanti l'involucro edilizio**



**Figura 26 - CHIUSURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

Ripartizione percentuale delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali componenti l'involucro



**Figura 27 - DISPERSIONE TERMICA**

Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti componenti l'involucro

Dall'analisi effettuata si osserva come vari il comportamento delle chiusure a seconda che queste siano opache o trasparenti. I serramenti infatti, pur costituendo solo un quinto della superficie disperdente totale, causano il 45% delle dispersioni per trasmissione. La ragione di tale difformità è da imputare alla trasmittanza termica, superiore di oltre tre volte quella media delle chiusure opache (cfr. Tabella 14). La copertura è la struttura più performante, poiché contribuisce solo ad un quarto della dispersione totale pur essendo l'elemento più presente. Le chiusure verticali opache numericamente non forniscono cattive prestazioni (il 32% di dispersione contro il 36% di superficie occupata) ma sono l'elemento in cui le dispersioni generate dal ponte termico hanno una maggiore incidenza (si confronti a tal proposito l'analisi termografica del prospetto Sud-Ovest).

### 3.2.3 Indici di prestazione energetica

Alla luce di quanto esposto nelle pagine precedenti vengono riportati gli indici di prestazione energetica per la zona termica e la relativa classificazione energetica (cfr. Figura 28).

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA		
Ep, lim	16,85 kWh/m <sup>3</sup> anno	Valore limite di indice di prestazione energetica per il riscaldamento o climatizzazione invernale secondo Allegato A D.M. 11/03/2008 e s.m.i.

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA		
$E_{p_i}$	88,24 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione invernale
$E_{p_{acs}}$	8,69 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per produzione di acqua calda sanitaria
$E_{p_e}$	2,64 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione estiva
$E_{p_{ill}}$	9,99 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
$E_{p_{gl}}$	109,55 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica globale, dato dalla somma di $E_{p_i}$ , $E_{p_{acs}}$ , $E_{p_e}$ , $E_{p_{ill}}$
$\eta_{gl,i}$	0,66	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione invernale
$\eta_{gl,acs}$	0,17	Rendimento globale medio stagionale per produzione di acqua calda sanitaria
$\eta_{gl,e}$	0,77	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione estiva
$\eta_{gl,ill}$	0,45	Rendimento globale medio stagionale per l'illuminazione artificiale
CO <sub>2</sub>	1,5 kg/m <sup>3</sup> anno	Emissioni di CO <sub>2</sub>
En	55929 kg	Consumo annuo nominale di cippato di legno per i soli usi termici

È opportuno sottolineare il divario esistente tra l'indice di prestazione energetica limite,  $E_{p,lim}$ , e l'indice di prestazione reale  $E_{p,i}$ . La legislazione vigente impone che tutti i nuovi edifici realizzati all'interno della zona climatica F abbiano un consumo di ben 5,3 volte inferiore a quello calcolato per la mensa.

L'edificio in analisi eccede del 530% il valore limite.

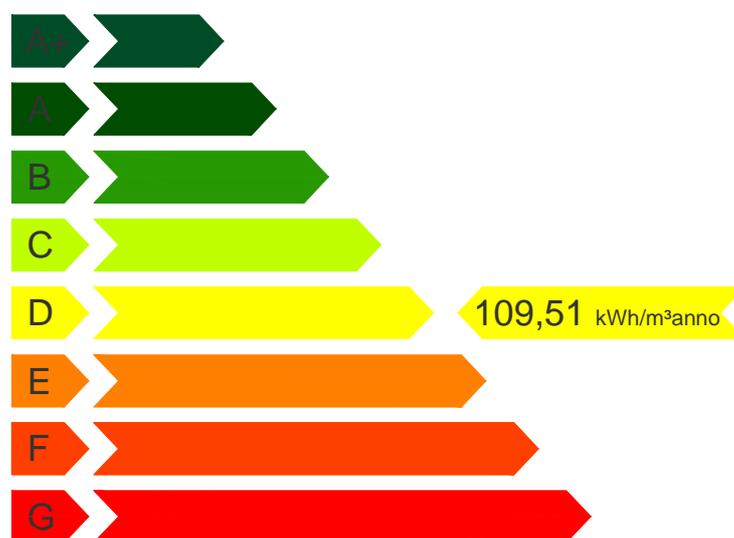


Figura 28 - CLASSIFICAZIONE ENERGETICA

### 3.3 Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici

L'analisi dello stato di fatto della scuola secondaria di primo grado con annessa mensa scolastica e magazzini comunali ha evidenziato alcune criticità:

- Elevata incidenza dei ponti termici tra struttura in cemento armato e tamponamento in laterizio;
- Assenza di un sistema di monitoraggio dell'impianto termico;
- Elevato assorbimento elettrico delle apparecchiature installate.

Si aggiunga che i magazzini comunali, utilizzati per la quasi totalità della superficie come deposito di mezzi ed attrezzature, sono interamente riscaldati.

Gli interventi ritenuti più significativi sono quindi i seguenti:

- Coibentazione delle chiusure verticali opache impiegando la tecnologia del "cappotto esterno";
- Limitazione del riscaldamento dei magazzini comunali alla sola area adibita a uffici e spogliatoi del personale;
- Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici;
- Avvio di un servizio di energy management;

Non verrà valutato il miglioramento delle prestazioni dell'involucro connesso alla sostituzione dei serramenti nonostante le dispersioni associate ai serramenti stessi rappresentino, per scuola secondaria e mensa, il 45% del dato totale (cfr. Tabella 11 e Tabella 15); le ragioni di tale scelta sono molteplici:

- i serramenti presentano tutti telai in legno tenero con doppio vetro e camera ad aria di 12 mm; la trasmittanza termica calcolata è di 3,00 – 3,20 W/m<sup>2</sup>K. Tali valori di trasmittanza termica sono associati a serramenti aventi buone prestazioni energetiche, di tenuta all'aria e all'acqua, ma privi del rivestimento basso emissivo. Il rivestimento basso emissivo è uno strato sottile di ossidi di metallo che si applica sulla faccia rivolta verso la camera del vetro più interno. Gli ossidi presenti nel rivestimento riflettono il calore emesso dai corpi scaldanti direttamente nell'ambiente, impedendone la dispersione verso l'esterno. Non è possibile la sola applicazione dello strato basso emissivo senza la sostituzione di tutta la parte vetrata del serramento.
- la cifra indicativa per l'installazione di serramenti in legno con doppio vetro basso emissivo è di 400 €/m<sup>2</sup> per un totale, in questo caso, di 330000 €. Ipotizzando un risparmio in bolletta di 4000 €/anno e l'utilizzo degli incentivi fiscali che consentono la detrazione del 55%, il tempo di ammortamento è di circa 40 anni.

Nei paragrafi seguenti verranno descritti gli interventi da eseguirsi ed i benefici in termini di risparmio energetico ed economico che il miglioramento di tali inefficienze apporterebbe agli edifici. L'analisi dimostrerà che con un investimento inferiore rispetto a quello richiesto dalla sostituzione dei serramenti si potranno ottenere risultati altrettanto significativi.

#### 3.3.1 Coibentazione delle chiusure verticali opache

L'impiego della tecnologia che prende il nome di "cappotto esterno" consente:

- Il miglioramento delle prestazioni energetiche delle chiusure verticali opache, poiché riduce la trasmittanza termica;
- L'annullamento del ponte termico tra struttura in cemento armato e tamponamento in laterizio, uniformando il valore di temperatura rilevato sulla superficie esterna.

## Scuola secondaria con annessa mensa e magazzini comunali

Impiegando uno strato di non oltre 10 cm di spessore di isolante termico, avente conducibilità termica non superiore a 0,031 W/mK e rivestito da uno strato di intonaco ad hoc, si ottiene una trasmittanza termica di 0,25 W/m<sup>2</sup>K.

Realizzando un cappotto esterno sui quattro lati dell'edificio la mensa compirebbe un salto di una classe, passando dall'attuale classe D alla classe C. La scuola secondaria avrebbe un miglioramento in termini di prestazioni energetiche ma non sufficiente da giustificare un salto di classe.

Le tabelle seguenti riportano le modifiche che gli indici di prestazione energetica riportati al paragrafo 3.1.3 e 3.2.3 subirebbero in seguito all'intervento.

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA - Scuola secondaria e magazzini comunali			
	Chiusura attuale	Chiusura con cappotto esterno	Variazione [%]
Ep <sub>lim</sub>	12,41 kWh/m <sup>3</sup> anno	12,41 kWh/m <sup>3</sup> anno	-
Ep <sub>i</sub>	60,32 kWh/m <sup>3</sup> anno	51,48 kWh/m <sup>3</sup> anno	15%
Ep <sub>gl</sub>	84,94 kWh/m <sup>3</sup> anno	77,69 kWh/m <sup>3</sup> anno	9%
ngl <sub>i</sub>	0,69	0,68	1,4%
CO <sub>2</sub>	1,19 kg/m <sup>3</sup> anno	1,09 kg/m <sup>3</sup> anno	8%
En	327214 kg	293836 kg	10,2%

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA - Mensa			
	Chiusura attuale	Chiusura con cappotto esterno	Variazione [%]
Ep <sub>lim</sub>	16,85 kWh/m <sup>3</sup> anno	16,85 kWh/m <sup>3</sup> anno	-
Ep <sub>i</sub>	88,24 kWh/m <sup>3</sup> anno	65,76 kWh/m <sup>3</sup> anno	25%
Ep <sub>gl</sub>	109,55 kWh/m <sup>3</sup> anno	88,18 kWh/m <sup>3</sup> anno	20%
ngl <sub>i</sub>	0,66	0,67	1,5%
CO <sub>2</sub>	1,5 kg/m <sup>3</sup> anno	1,2 kg/m <sup>3</sup> anno	20%
En	55929 kg	43921 kg	21%

La fornitura e posa in opera di un sistema a cappotto esterno ha un prezzo variabile tra i 60 €/m<sup>2</sup> e gli 80 €/m<sup>2</sup>. La cifra complessiva si attesterebbe tra:

- Scuola secondaria: 75000 € - 100000 € per 1250 m<sup>2</sup> di involucro;
- Mensa: 18000 € - 24000 € per 300 m<sup>2</sup> di involucro.

La differenza di consumi, espressa in kWh, è il risultato di un calcolo analitico. Come illustrato al paragrafo 2.5.1 e sintetizzato in Tabella 5 e Tabella 6 tale dato deve essere aggiornato per avvicinarsi al consumo reale. La differenza di consumi di cui sopra dovrà quindi essere riferita ad un impianto in funzione 14 ore al giorno, 240 giorni l'anno. La mancata esecuzione di tale operazione porterebbe ad una sovrastima del risparmio economico connesso all'intervento.

Il risparmio annuo aggiornato connesso all'intervento, utilizzando come riferimento il prezzo di 0,1222 €/kWh, è di circa:

- Scuola secondaria: 9500 €
- Mensa: 3500 €.

Ipotizzando di poter usufruire degli interventi di detrazione del 55% il tempo di ammortamento varia tra i due ed i cinque anni.

Si sottolinea che per la mensa è comunque possibile realizzare l'intervento in tempi differenti, coibentando in un primo momento solo le superfici esposte a Nord-Est e Sud-Ovest, che sono quelle prive del rivestimento esterno in pietra. Qualora si decidesse di procedere nel modo seguente vi sarebbe un decremento delle prestazioni complessive dell'intervento del 5%.

Nella tabella sottostante è riportata la sintesi dello studio di fattibilità dell'intervento.

STUDIO DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO					
Intervento	Superficie interessata dall'intervento [m <sup>2</sup> ]	Costo dell'intervento [€]	Risparmio sul totale dei consumi [%]	Risparmio [€]	Tempo di rientro con incentivi 55% [anni]
Scuola secondaria: Coibentazione delle strutture verticali opache	1250	75000 - 100000	9	9500	4 - 5
Mensa: Coibentazione delle chiusure verticali opache	300	18000 - 24000	20	3500	2,5 - 3
Mensa: Coibentazione delle chiusure verticali opache solo NE e SO	230	13800 - 18400	15	2000	3 - 4

### 3.3.2 Limitazione della volumetria riscaldata dei magazzini comunali

Attualmente i magazzini comunali interessano una superficie netta pari a 860 m<sup>2</sup> dei quali 822 m<sup>2</sup> sono impiegati come deposito di mezzi ed attrezzature.

Limitando la superficie riscaldata ai soli 38 m<sup>2</sup> rimanenti, che corrispondono alla zona uffici e spogliatoi, l'edificio scuola primaria di secondo livello con annessi magazzini comunali non subirebbe un salto di classe ma vedrebbe la volumetria riscaldata ridursi del 28%.

La tabella seguente riporta le modifiche che gli indici riportati al paragrafo 3.1.3 subirebbero in seguito all'intervento.

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA			
	Chiusura attuale	Chiusura con cappotto esterno	Variazione [%]
Ep, lim	12,41 kWh/m <sup>3</sup> anno	12,41 kWh/m <sup>3</sup> anno	-
En	387203 kg	319372 kg	17,5%

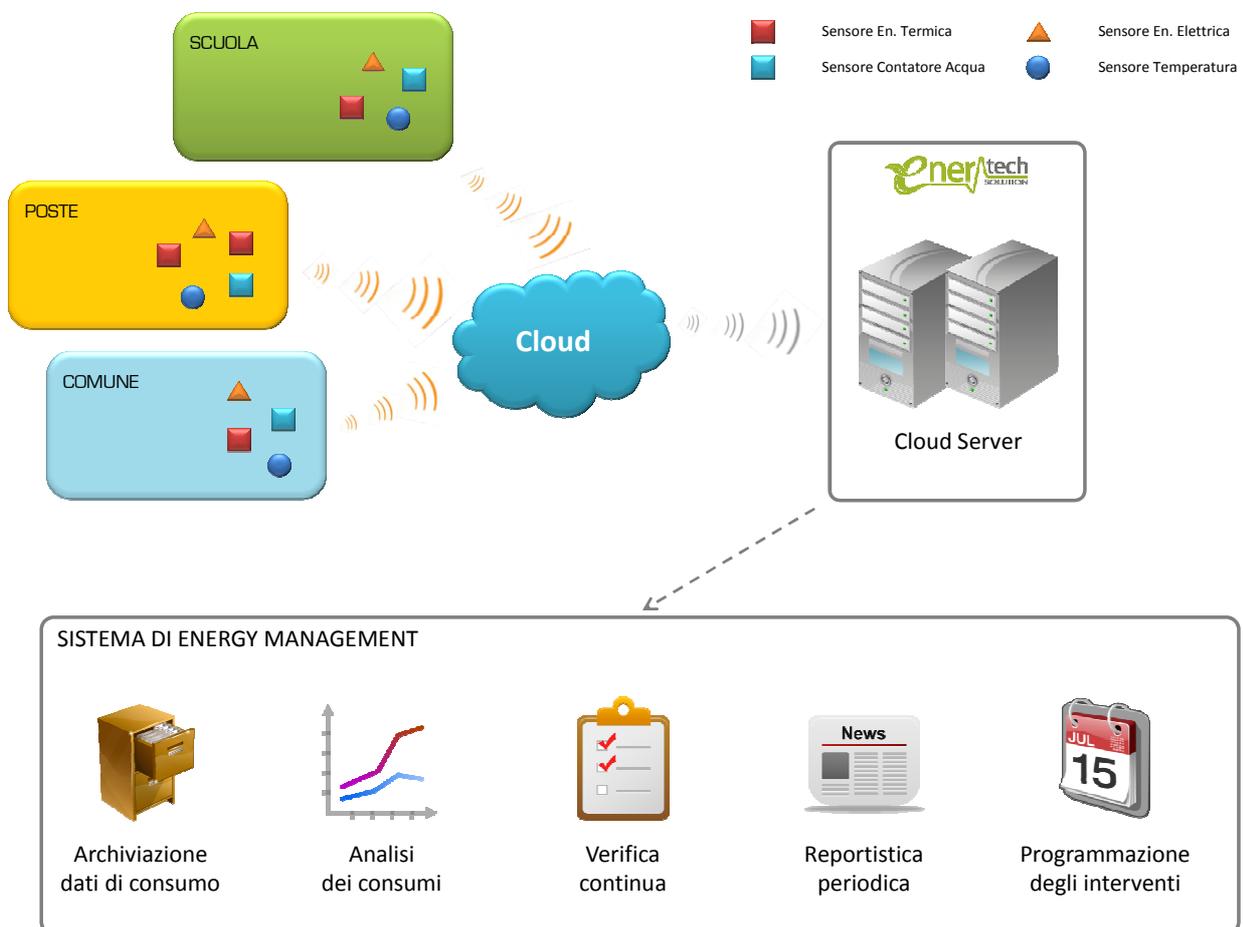
L'intervento, il cui costo è irrisorio, consentirebbe un risparmio annuo attualizzato di 158795 kWh che corrispondono, utilizzando come riferimento il prezzo di 0,1222 €/kWh, a circa 19000 €.



I sensori saranno collegati ad un concentratore dati in grado di registrare le informazioni acquisite e di trasferirle ad un gateway che, attraverso una semplice connessione internet, convogli i dati ad un server remoto. Il server gestisce i dati misurati rendendoli disponibili via web, attraverso la tecnologia del Cloud Computing, su diverse piattaforme (PC, Laptop, Tablet, ecc.). Le informazioni potranno così essere utilizzate dagli utenti (gestori comunali, facility manager, ecc.), dai manutentori e da eventuali consulenti specializzati in gestione dell'energia (Energy Manager).

Il Cloud Server ospiterà al suo interno un Sistema di Gestione dell'Energia (EnMS – Energy Management System) in grado di gestire i dati provenienti da un numero molto ampio di edifici dotati dell'infrastruttura di monitoraggio dei consumi (Figura 30) e mettere a disposizione degli utenti un insieme di strumenti e risorse utili all'ottimizzazione dei consumi energetici comunali.

Tramite l'EnMS sarà possibile disporre di un archivio storico delle misure effettuate e di uno strumento di analisi e correlazione dei dati di consumo. Possono inoltre essere eseguite verifiche sui sistemi energetici monitorati, e realizzare dei sistemi di reportistica automatica per il controllo dei consumi e delle spese dei diversi edifici. Il sistema di Energy Management consentirà infine di pianificare degli interventi di efficientamento e di condurre campagne di ottimizzazione dei consumi.



**Figura 30. Infrastruttura di raccolta ed elaborazione dei dati di consumo**

### Utilizzo dell'infrastruttura di monitoraggio

Un esempio di applicazione delle analisi energetiche con strumenti tecnologici appropriati, è riportata in Figura 31. Nel grafico è presentata l'informazione ottenibile tramite la misura puntuale dei consumi in un edificio. Grazie al monitoraggio delle diverse utenze è possibile individuare la causa di eventuali assorbimenti eccessivi. Nel caso di esempio si nota immediatamente come l'illuminazione sia responsabile di oltre il 50% dei consumi mensili di energia elettrica. Alla luce di queste informazioni potrebbe essere necessaria un'ulteriore analisi dei profili di assorbimento, per comprendere se è possibile ridurre il consumo per illuminazione.

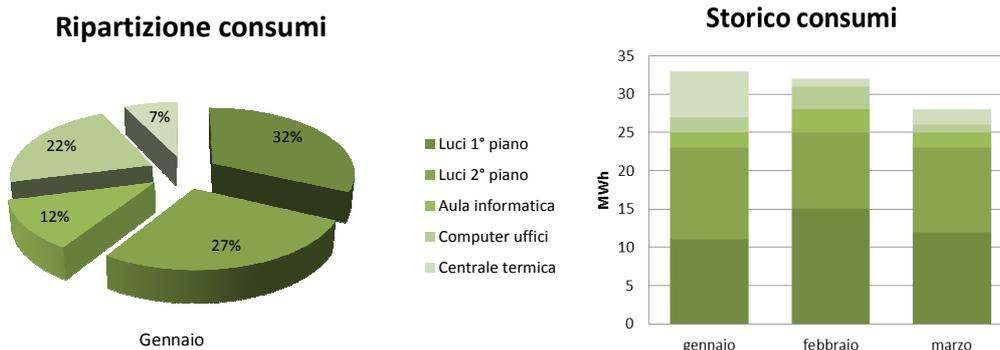


Figura 31. Esempio di ripartizione dei consumi elettrici

Come supporto a tale analisi è possibile utilizzare uno strumento messo a disposizione dai sistemi di monitoraggio, ovvero il diagramma spettrale (Figura 32). Questo strumento consente di mappare i profili di consumo orari al fine di individuare inefficienze ed intervenire per la riduzione degli assorbimenti.

Come si nota dall'immagine di seguito, grazie agli strumenti messi a disposizione dai sistemi di monitoraggio dei consumi, è possibile pianificare mirati interventi di efficientamento, studiando a priori i metodi da applicare e gli effetti che essi sortiranno in termini di risparmio energetico ed economico, costi di investimento e tempi di rientro.

In riferimento all'esempio citato sopra, una volta individuata l'utenza responsabile di un'ingente quantità di consumi (l'illuminazione) è possibile affinare la ricerca delle inefficienze tramite un'analisi spettrale individuando, ad esempio, eventuali sprechi energetici. In riferimento alla Figura 32, gli orari evidenziati in rosso rappresentano periodi di tempo in cui l'edificio viene chiuso e non è utile l'utilizzo di illuminazione interna. Emerge quindi un'evidente spreco energetico non rilevato dalla sola analisi dei consumi mensili aggregati dell'edificio.

Tale spreco può essere evitato tramite sistemi programmabili di spegnimento dei carichi elettrici che consentono una sensibile riduzione degli assorbimenti energetici dell'intero edificio.

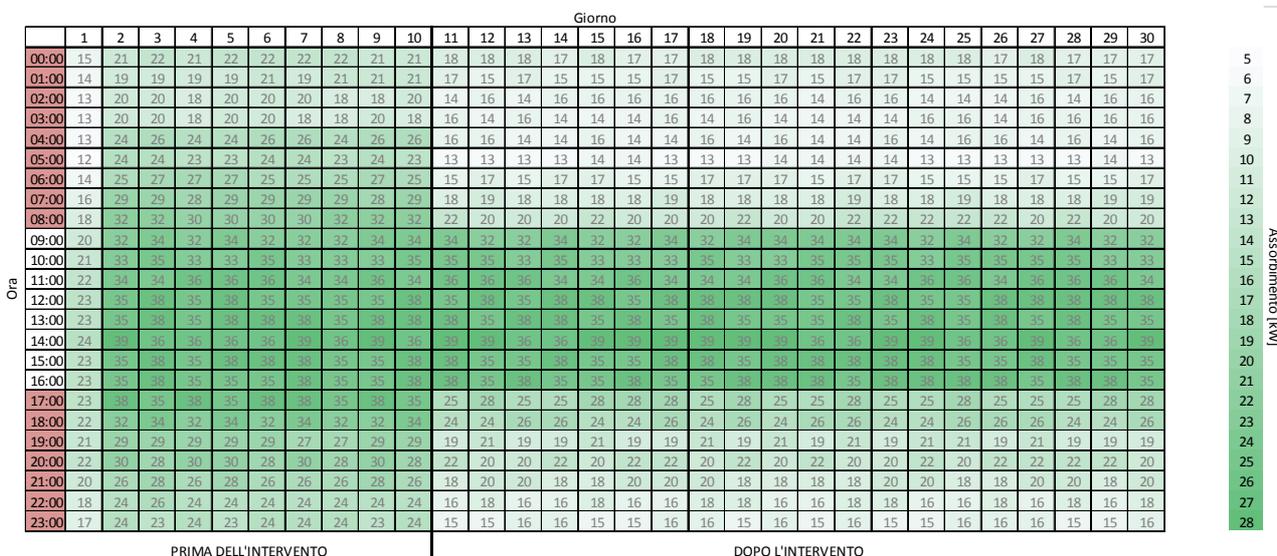


Figura 32. Diagramma spettrale

### 3.3.4 Avvio di un servizio di energy management

Per ottimizzare la gestione dell'energia all'interno del comune, oltre ai supporti tecnologici descritti in precedenza, è necessario avviare un sistema di Energy Management (EnMS – Energy Management System).

L'obiettivo di un tale sistema consiste nel creare una organizzazione strutturata dei sistemi e dei processi necessari all'incremento delle prestazioni energetiche degli edifici del comune. Un EnMS si basa sul concetto di "miglioramento continuo" composto da quattro fasi principali (Plan-Do-Check-Act) note come Ciclo Deming (Figura 33):

- Plan: analizzare lo stato di fatto, identificare le priorità e gli obiettivi, pianificare un programma di risparmio energetico;
- Do: Eseguire il programma, dapprima in un contesto circoscritto;
- Check: Monitorare, misurare e verificare gli esiti delle azioni implementate, documentare i risultati ottenuti;
- Act: Valutare i risultati, applicare in maniera estesa le azioni di miglioramento energetico, correggere e modificare le azioni che non hanno sortito gli effetti desiderati o previsti.

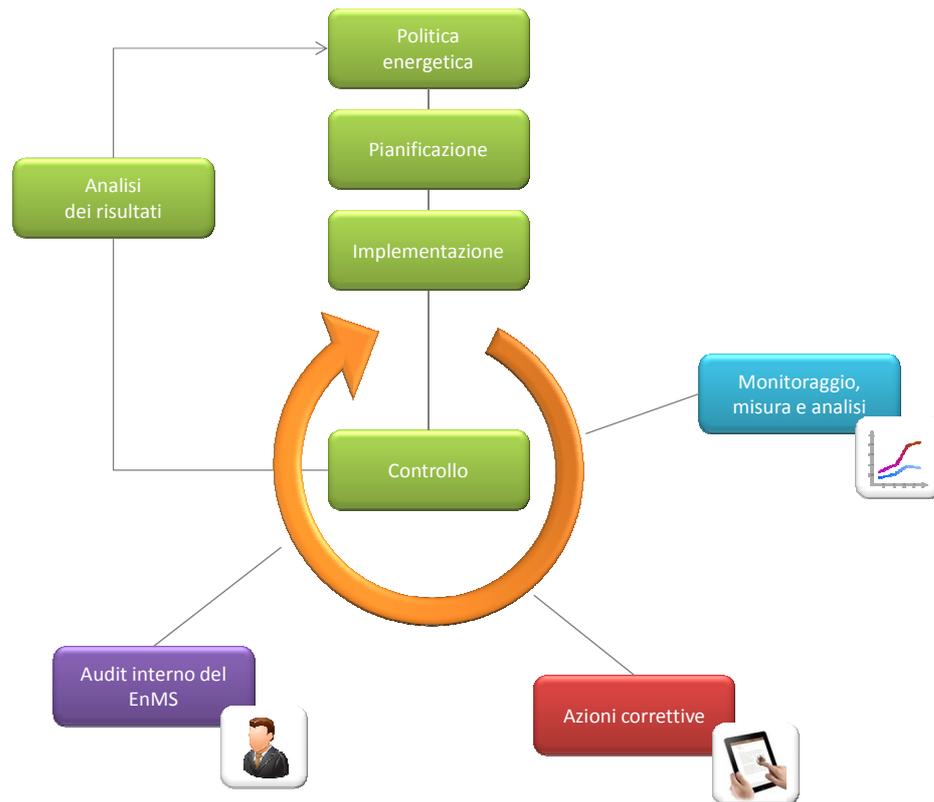


**Figura 33. Ciclo Deming**

Una volta stabilito qual è lo stato di fatto, è necessario individuare le criticità e le priorità, e pianificare delle azioni volte all'incremento dell'efficienza energetica dell'intero comune. Le azioni individuate dovranno essere testate su una parte degli edifici e sarà necessario condurre un'attenta campagna di monitoraggio e analisi dei risultati prodotti. In base alle risultanze della campagna di testing, verranno pianificate ulteriori azioni e saranno migliorate e corrette quelle testate, al fine di applicare su larga scala gli interventi di efficientamento energetico.

L'applicazione continua di questo sistema, condurrà ad un ciclo virtuoso di miglioramento continuo delle prestazioni energetiche, abbattendo i consumi ed ottimizzando l'utilizzo delle risorse energetiche stesse.

In Figura 34 è riportato il modello di un EnMS basato sul ciclo Deming. Alla base di esso vi è l'elaborazione di una politica energetica comunale, che consiste nell'identificazione dello stato di fatto e degli obiettivi di miglioramento. Segue una pianificazione delle attività e una loro applicazione, eventualmente su scala ridotta. Una volta verificati gli esiti delle azioni di miglioramento, sfruttando infrastrutture tecnologiche e consulenziali appropriate, si rivede la pianificazione in modo da migliorare continuamente le prestazioni energetiche del comune.



**Figura 34. Modello di un Sistema di Energy Management**

### Risparmi ottenibili

Tramite un'infrastruttura per il monitoraggio dei consumi energetici e l'avvio di un sistema di energy management è possibile ottenere sensibili riduzioni del consumo energetico con il conseguente abbattimento delle spese per l'approvvigionamento, la manutenzione e la gestione degli edifici comunali.

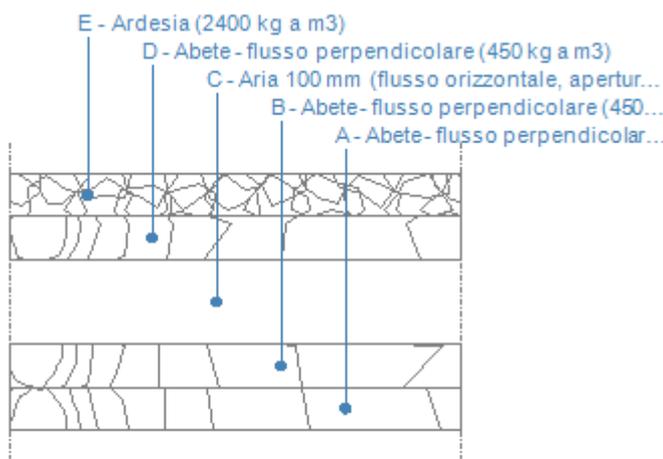
**In riferimento all'edificio oggetto della diagnosi, è ragionevole stimare una riduzione tra il 10% e il 35% delle spese energetiche globali con la sola ottimizzazione della gestione dell'energia. Tale risparmio consentirebbe di ammortizzare in breve tempo i costi sostenuti per l'avvio dei servizi di EnMS e di monitoraggio, consentendo di raggiungere payback anche inferiori all'anno.**

Si consiglia pertanto di avviare tali servizi entro l'inizio della prossima stagione invernale, in modo da poter pianificare, progettare ed installare i sistemi di gestione dell'energia all'interno degli edifici del comune di Morgex.

## Allegato 1: abaco delle strutture opache e trasparenti della Scuola secondaria di primo livello con annessi magazzini comunali

### Copertura

#### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Copertura</b></p> <p>Descrizione: Copertura in legno</p> <p>Tipologia: Copertura</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 300,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 0,666 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 1,502 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 188 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	
---	--

#### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m <sup>3</sup> )	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
B	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m <sup>3</sup> )	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
C	Aria 100 mm (flusso orizzontale, aperture 500 - 1500 mm <sup>2</sup> )	100,0	1,120	0,089	1	1,00	1,0	1,0
D	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m <sup>3</sup> )	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
E	Ardesia (2400 kg a m <sup>3</sup> )	50,0	2,200	0,023	2.400	1,00	1.000,0	800,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	300,0		1,502				

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

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

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

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

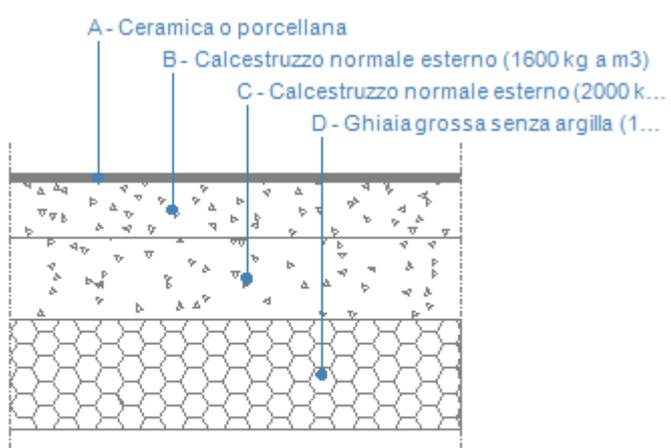
## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,289 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 612,491 Pa

## Solaio contro terra scuola

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Solaio contro terra scuola</b></p> <p>Descrizione: Solaio in cemento con vespaio in ghiaia</p> <p>Tipologia: Pavimento</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 465,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,586 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,631 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 835 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	 <p>A - Ceramica o porcellana B - Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m<sup>3</sup>) C - Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m<sup>3</sup>) D - Ghiaia grossa senza argilla (1700 kg a m<sup>3</sup>)</p>
---	---

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	15,0	1,300	0,012	2.300	0,84	0,0	300.000,0
B	Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m <sup>3</sup> )	100,0	0,810	0,123	1.600	0,88	21,3	21,3
C	Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m <sup>3</sup> )	150,0	1,262	0,119	2.000	0,88	100,0	100,0
D	Ghiaia grossa senza argilla (1700 kg a m <sup>3</sup> )	200,0	1,200	0,167	1.700	0,84	5,3	5,3
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>465,0</b>		<b>0,631</b>				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m<sup>2</sup>K)/W

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

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

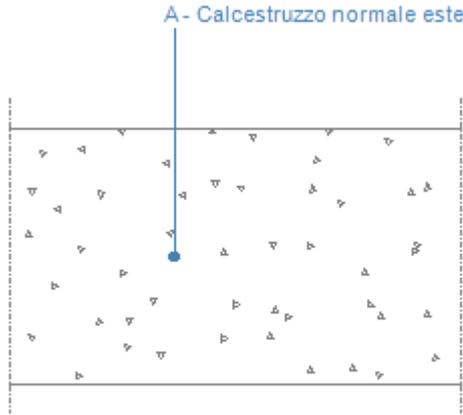
## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	8,50	1.109,30
ESTIVA	20,00	721,00	8,50	1.109,30

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 405,207$ Pa
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,000$ kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0$ Pa

## Solaio contro terra magazzini

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Solaio contro terra magazzini</b></p> <p>Descrizione: Solaio in cemento</p> <p>Tipologia: Pavimento</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 150,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,530 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,395 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 240 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	<p>A - Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m<sup>3</sup>)</p> 
--	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m <sup>3</sup> )	150,0	0,810	0,185	1.600	0,88	21,3	21,3
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	150,0		0,395				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m<sup>2</sup>K)/W

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

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

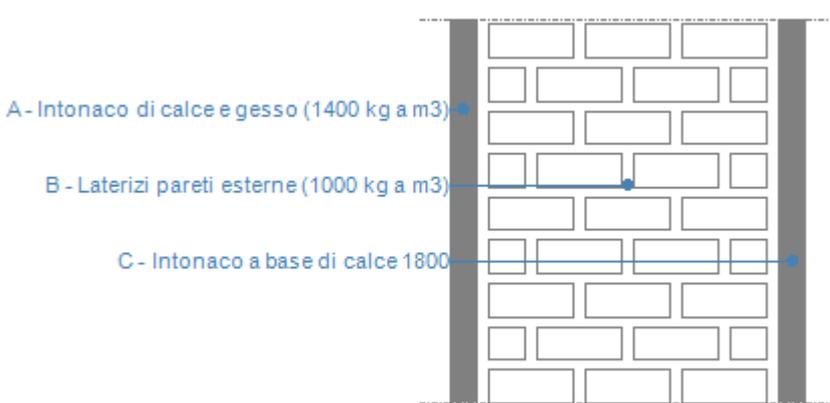
### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	8,50	1.109,30
ESTIVA	20,00	721,00	8,50	1.109,30

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 191,084 \text{ Pa}$
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,000 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$

## Tamponamento esterno

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento:</p> <p><b>Tamponamento esterno</b></p> <p>Descrizione: Parete perimetrale in laterizio forato</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 350,0 mm</p> <p><b>Trasmittanza U: 1,147 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p>Resistenza R: 0,872 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 300 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	 <p style="color: blue;">A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p style="color: blue;">B - Laterizi pareti esterne (1000 kg a m3)</p> <p style="color: blue;">C - Intonaco a base di calce 1800</p>
---	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	25,0	0,700	0,036	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Laterizi pareti esterne (1000 kg a m3)	300,0	0,470	0,638	1.000	0,84	6,4	6,4
C	Intonaco a base di calce 1800	25,0	0,900	0,028	1.800	0,84	23,5	23,5
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>350,0</b>		<b>0,872</b>				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/WConduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

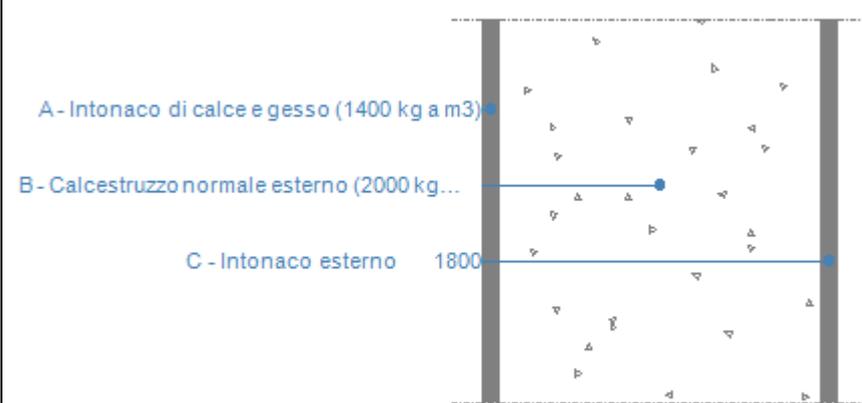
### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,451 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 379,758 \text{ Pa}$

## Parete esterna

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Parete esterna</b></p> <p>Descrizione: Parete perimetrale in cemento armato</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 330,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,243 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,446 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 600 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	 <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p>B - Calcestruzzo normale esterno (2000 kg...</p> <p>C - Intonaco esterno 1800</p>
---	---

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	15,0	0,700	0,021	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m3)	300,0	1,262	0,238	2.000	0,88	100,0	100,0
C	Intonaco esterno 1800	15,0	0,900	0,017	1.800	0,84	23,5	23,5
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>330,0</b>		<b>0,446</b>				

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

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

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

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

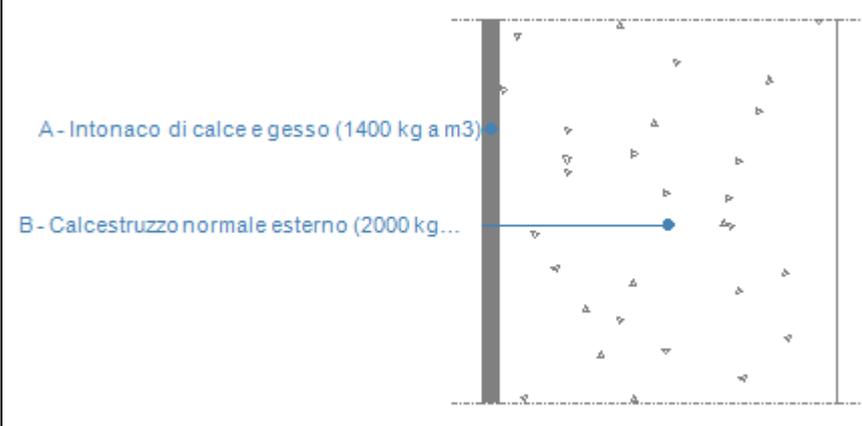
### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,344 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$

## Parete contro terra

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Parete contro terra</b></p> <p>Descrizione: Parete in cemento armato</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 315,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,330 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,429 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 600 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilevo in sito</b></p>	 <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m<sup>3</sup>)</p> <p>B - Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m<sup>3</sup>)</p>
---	---

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m <sup>3</sup> )	15,0	0,700	0,021	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m <sup>3</sup> )	300,0	1,262	0,238	2.000	0,88	100,0	100,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>315,0</b>		<b>0,429</b>				

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

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

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

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

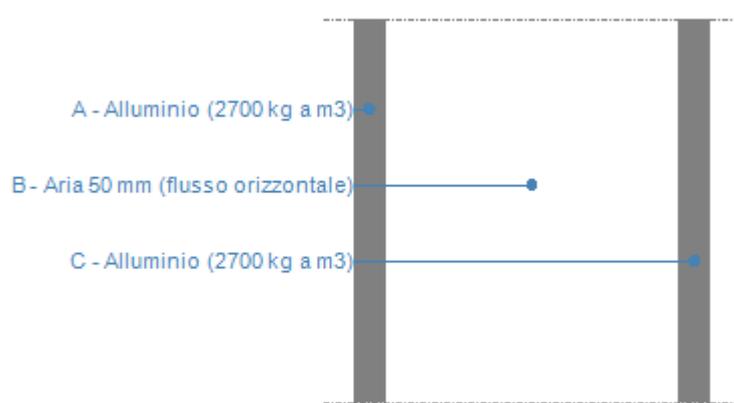
### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	8,50	1.109,30
ESTIVA	20,00	721,00	8,50	1.109,30

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 358,978 \text{ Pa}$
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,000 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$

## Porta ingresso

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Porta ingresso</b></p> <p>Descrizione: Porta in alluminio</p> <p>Tipologia: Porta</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 60,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,868 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,349 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 27 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	 <p style="color: blue; font-size: small;">A - Alluminio (2700 kg a m3)</p> <p style="color: blue; font-size: small;">B - Aria 50 mm (flusso orizzontale)</p> <p style="color: blue; font-size: small;">C - Alluminio (2700 kg a m3)</p>
--	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Alluminio (2700 kg a m3)	5,0	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
B	Aria 50 mm (flusso orizzontale)	50,0	0,280	0,179	1	1,00	1,0	1,0
C	Alluminio (2700 kg a m3)	5,0	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>60,0</b>		<b>0,349</b>				

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

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

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

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

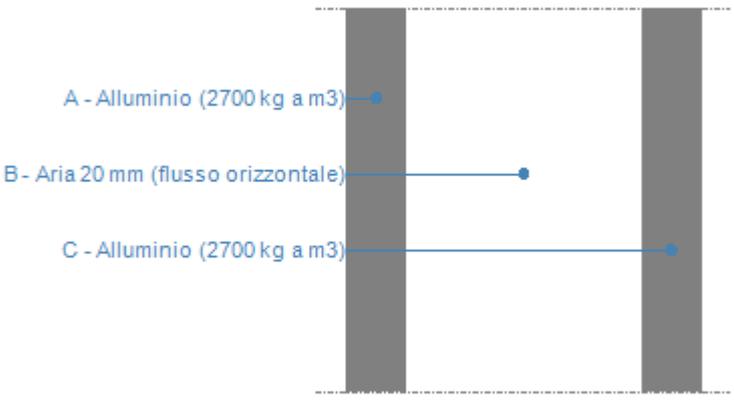
## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0$ Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0$ Pa

## Portone automatico

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Portone automatico</b></p> <p>Descrizione: Portone in alluminio</p> <p>Tipologia: Porta</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 30,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,842 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,352 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 27 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilevo in sito</b></p>	
---	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Alluminio (2700 kg a m3)	5,0	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
B	Aria 20 mm (flusso orizzontale)	20,0	0,110	0,182	1	1,00	1,0	1,0
C	Alluminio (2700 kg a m3)	5,0	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>30,0</b>		<b>0,352</b>				

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

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

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

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

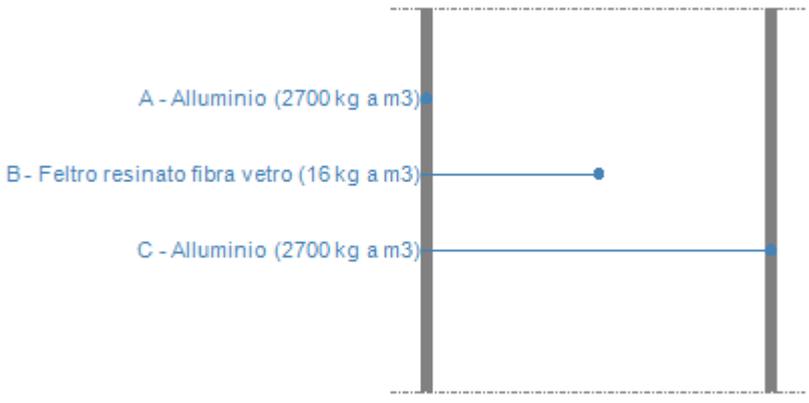
## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0$ Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0$ Pa

## Porta REI

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Porta REI</b></p> <p>Descrizione: Porta</p> <p>Tipologia: Porta</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 53,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 0,796 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 1,257 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 9 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilevo in sito</b></p>	 <p style="color: blue; font-weight: bold;">A - Alluminio (2700 kg a m3)</p> <p style="color: blue; font-weight: bold;">B - Feltro resinato fibra vetro (16 kg a m3)</p> <p style="color: blue; font-weight: bold;">C - Alluminio (2700 kg a m3)</p>
--	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Alluminio (2700 kg a m3)	1,5	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
B	Feltro resinato fibra vetro (16 kg a m3)	50,0	0,046	1,087	16	0,84	1,3	1,3
C	Alluminio (2700 kg a m3)	1,5	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>53,0</b>		<b>1,257</b>				

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

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

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

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

## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,001 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 505,655 Pa

## Porta finestra ingresso

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Porta finestra ingresso**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 380 cm

Altezza : 280 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 22 cm

Spessore sinistro del telaio: 7 cm

Spessore destro del telaio: 7 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 22 cm

N° divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 27 cm

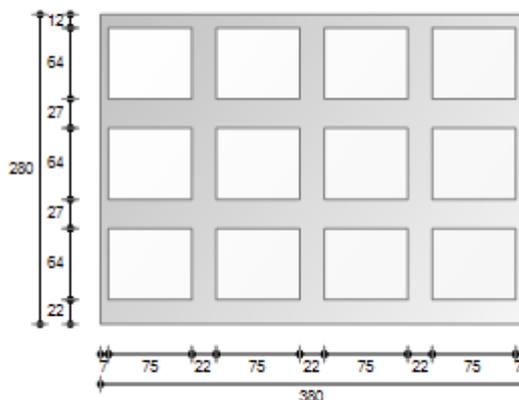
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 5,790 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 4,850 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 10,640 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 33,440 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,091 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Porta finestra ingresso laterale

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Porta finestra ingresso laterale**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 150 cm

Altezza : 300 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 22 cm

Spessore sinistro del telaio: 7 cm

Spessore destro del telaio: 7 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 27 cm

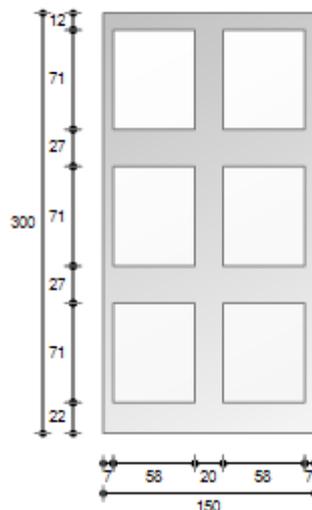
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 2,471 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 2,029 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 4,500 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 15,480 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

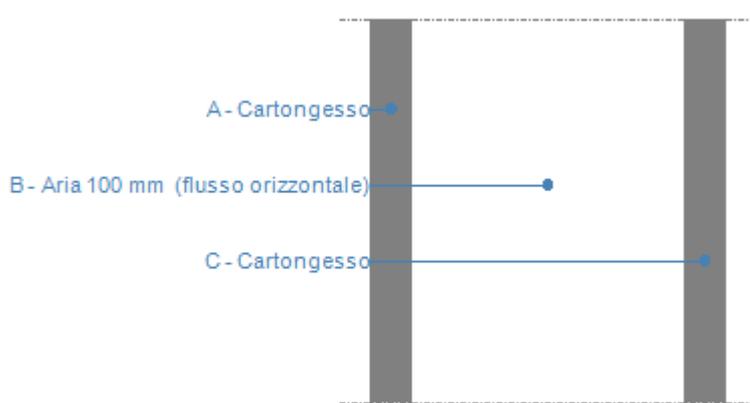
Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,113 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Parete interna

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Parete interna</b></p> <p>Descrizione: Parete in cartongesso</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 130,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,134 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,469 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 27 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilevo in sito</b></p>	
--	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Cartongesso	15,0	0,250	0,060	900	1,00	10,0	4,0
B	Aria 100 mm (flusso orizzontale)	100,0	0,560	0,179	1	1,00	1,0	1,0
C	Cartongesso	15,0	0,250	0,060	900	1,00	10,0	4,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>130,0</b>		<b>0,469</b>				

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

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

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

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

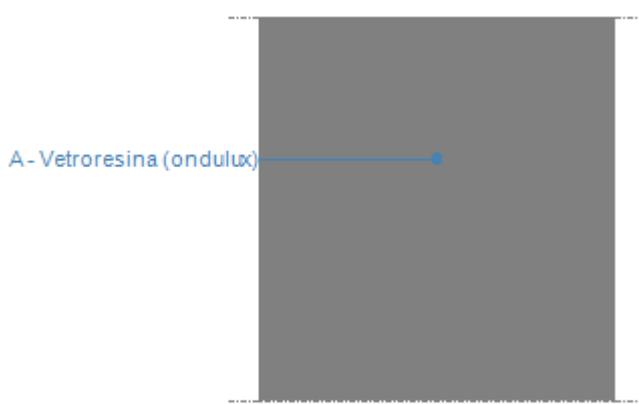
### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	20,00	2.283,20
ESTIVA	20,00	1.519,00	20,00	2.283,20

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 795,081 \text{ Pa}$
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,000 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 795,081 \text{ Pa}$

## Lucernario

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Lucernario</b></p> <p>Descrizione: Serramento in legno con vetroresina</p> <p>Tipologia: Elemento trasparente</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 8,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 5,375 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,186 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 16 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilevo in sito</b></p>	
--	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Vetroresina (ondulux)	8,0	0,500	0,016	2.000	1,00	53,3	53,3
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>8,0</b>		<b>0,186</b>				

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

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

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

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

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: -678,152 \text{ Pa}$
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,000 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$

## Finestre scuola

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre scuola**

Descrizione: Serramento in legno con vetro doppio

Larghezza: 380 cm

Altezza : 163 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

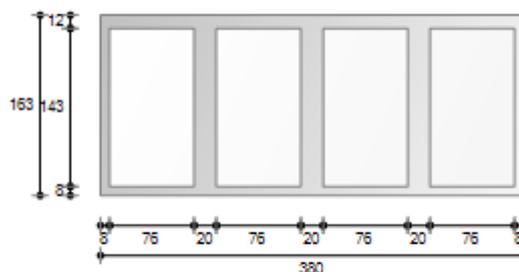
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 4,347 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,847 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 6,194 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 17,520 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,209 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre tre vetri

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre tre vetri**

Descrizione: Serramento in legno con vetro doppio

Larghezza: 180 cm

Altezza : 210 cm

Spessore superiore del telaio: 30 cm

Spessore inferiore del telaio: 10 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

Spessore destro del telaio: 10 cm

N° divisioni verticali: 2

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

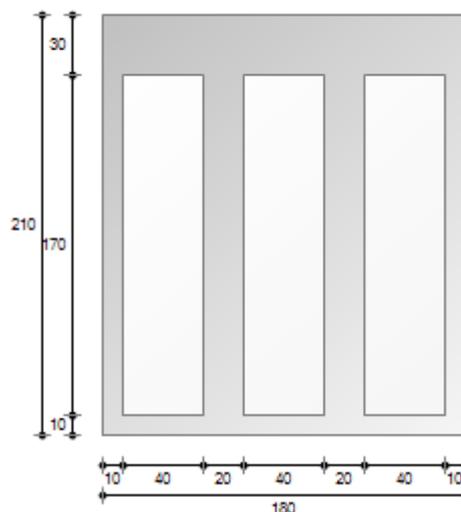
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 2,040 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,740 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 3,780 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 12,600 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,098 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre bagni

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre bagni**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 300 cm

Altezza : 100 cm

Spessore superiore del telaio: 7 cm

Spessore inferiore del telaio: 5 cm

Spessore sinistro del telaio: 7 cm

Spessore destro del telaio: 7 cm

N° divisioni verticali: 2

Spessore divisioni verticali: 7 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

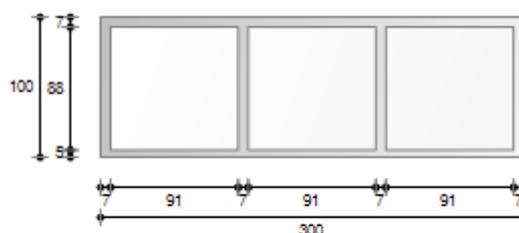
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 2,394 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,606 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 3,000 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 10,720 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,338 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre sopra porta

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre sopra porta**

Descrizione: Serramento in legno con vetro doppio

Larghezza: 120 cm

Altezza : 100 cm

Spessore superiore del telaio: 2 cm

Spessore inferiore del telaio: 2 cm

Spessore sinistro del telaio: 2 cm

Spessore destro del telaio: 2 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

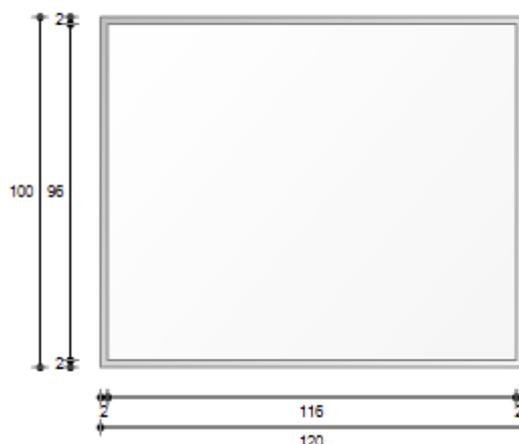
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,114 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,086 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 1,200 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 4,240 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,449 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre ferro magazzini

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre ferro magazzini**

Descrizione: Serramento in ferro con vetro singolo

Larghezza: 200 cm

Altezza : 100 cm

Spessore superiore del telaio: 5 cm

Spessore inferiore del telaio: 5 cm

Spessore sinistro del telaio: 5 cm

Spessore destro del telaio: 5 cm

N° divisioni verticali: 2

Spessore divisioni verticali: 5 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

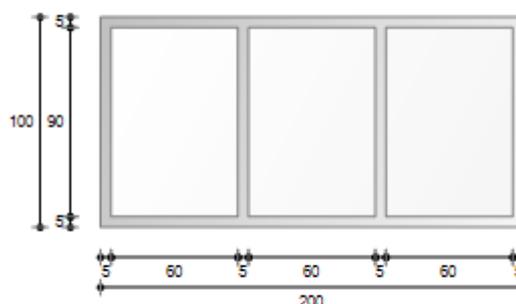
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,620 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,380 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 2,000 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 9,000 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Vetro singolo

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,765

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 5,900 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Metallo

Tipologia telaio: Senza taglio termico

Spessore  $s_f$ : 0 mm

Distanziatore: -

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 5,900 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,000 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 5,900 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre legno magazzini

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre legno magazzini**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 100 cm

Altezza : 100 cm

Spessore superiore del telaio: 5 cm

Spessore inferiore del telaio: 5 cm

Spessore sinistro del telaio: 5 cm

Spessore destro del telaio: 5 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

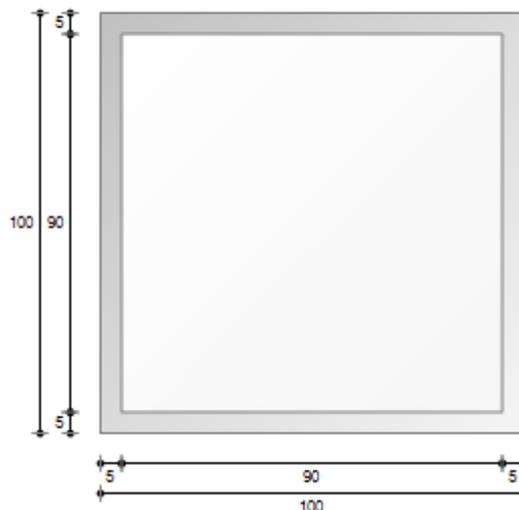
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 0,810 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,190 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 1,000 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 3,600 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

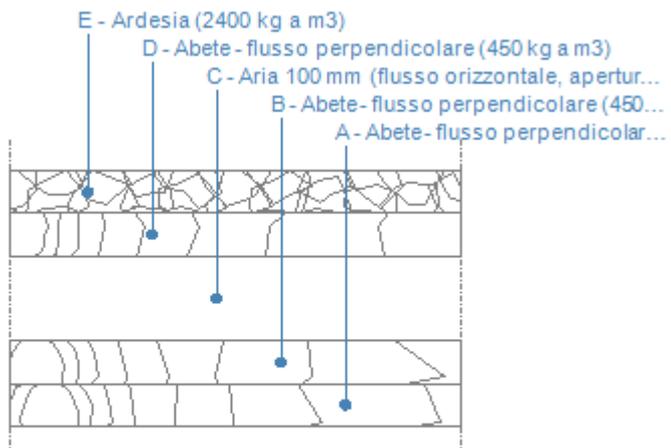
### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,225 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Allegato 1.1: abaco delle strutture opache e trasparenti della Mensa

### Copertura

#### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Copertura</b></p> <p>Descrizione: Copertura in legno</p> <p>Tipologia: Copertura</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 300,0 mm</p> <p><b>Trasmittanza U: 0,666 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p>Resistenza R: 1,502 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 188 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	
--	--

#### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3)	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
B	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3)	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
C	Aria 100 mm (flusso orizzontale, aperture 500 - 1500 mm <sup>2</sup> )	100,0	1,120	0,089	1	1,00	1,0	1,0
D	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3)	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
E	Ardesia (2400 kg a m3)	50,0	2,200	0,023	2.400	1,00	1.000,0	800,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	300,0		1,502				

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

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

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

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

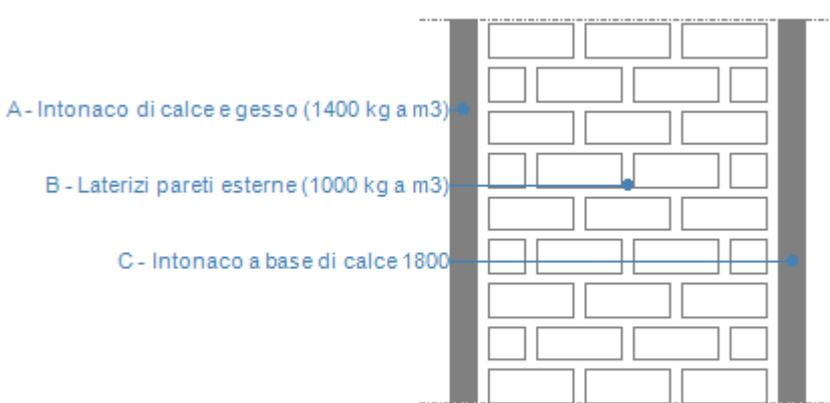
## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,289 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 612,491 Pa

## Tamponamento esterno

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento:</p> <p><b>Tamponamento esterno</b></p> <p>Descrizione: Parete perimetrale in laterizio forato</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 350,0 mm</p> <p><b>Trasmittanza U: 1,147 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p>Resistenza R: 0,872 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 300 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	 <p style="color: blue;">A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p style="color: blue;">B - Laterizi pareti esterne (1000 kg a m3)</p> <p style="color: blue;">C - Intonaco a base di calce 1800</p>
---	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	25,0	0,700	0,036	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Laterizi pareti esterne (1000 kg a m3)	300,0	0,470	0,638	1.000	0,84	6,4	6,4
C	Intonaco a base di calce 1800	25,0	0,900	0,028	1.800	0,84	23,5	23,5
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>350,0</b>		<b>0,872</b>				

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

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

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

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

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,451 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 379,758 \text{ Pa}$

## Porta finestra ingresso

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Porta finestra ingresso**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 380 cm

Altezza : 280 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 22 cm

Spessore sinistro del telaio: 7 cm

Spessore destro del telaio: 7 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 22 cm

N° divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 27 cm

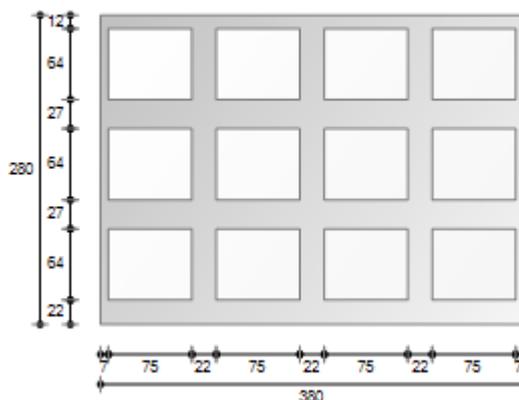
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 5,790 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 4,850 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 10,640 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 33,440 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g: 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,091 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre bagno lato interno

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre bagno lato interno**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 148 cm

Altezza : 200 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 12 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

Spessore destro del telaio: 10 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

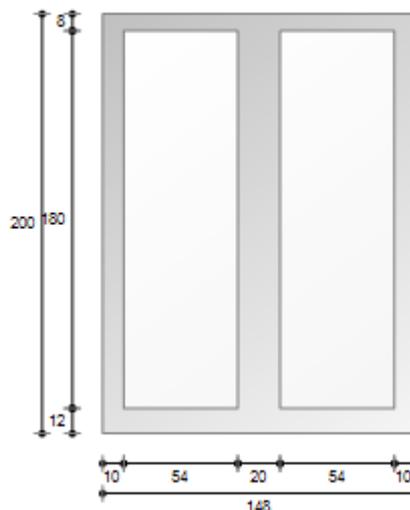
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,944 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,016 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 2,960 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 9,360 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,190 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre bagno lato strada

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre bagno lato strada**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 148 cm

Altezza : 200 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 12 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

Spessore destro del telaio: 10 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 20 cm

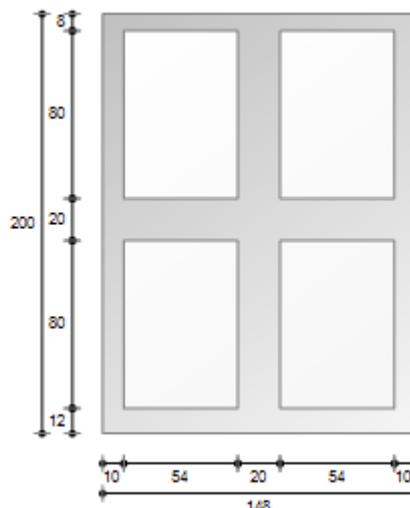
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,728 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,232 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 2,960 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 10,720 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,154 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre lato interno

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre lato interno**

Descrizione: Serramento in legno con vetro doppio

Larghezza: 380 cm

Altezza : 163 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

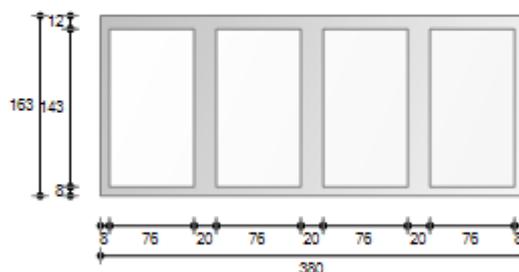
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 4,347 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,847 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 6,194 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 17,520 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,209 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre lato strada

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre lato strada**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 380 cm

Altezza : 123 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 3,253 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,421 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 4,674 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 14,640 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,222 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre trapezoidali lato strada

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre trapezoidali lato strada**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 290 cm

Altezza : 133 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 15 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 3,017 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,825 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 3,843 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 9,840 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 20 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 2,427 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,266 W/(m<sup>2</sup> K)