



**Per**



**COMUNE DI MORGEX**

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

**Palestra comunale  
Viale Abbè Cerlogne 1 – 11017 Morgex (AO)**

**27 Febbraio 2012**

---

## SOMMARIO

1	Introduzione.....	3
1.1	Sommario .....	3
1.2	Principali considerazioni emerse dalla diagnosi.....	3
1.3	Riferimenti.....	4
1.4	Allegati .....	4
2	Analisi dello stato di fatto.....	5
2.1	Inquadramento generale .....	6
2.2	Caratteristiche dell'involucro edilizio.....	7
2.3	Analisi termografica .....	8
2.4	Caratteristiche impiantistiche.....	9
2.4.1	Impianto termico .....	9
2.4.2	Impianto elettrico .....	13
2.5	Analisi energetiche e dei consumi .....	13
2.5.1	Impianto termico .....	13
2.5.2	Impianto elettrico .....	15
3	Diagnosi energetica.....	17
3.1	Diagnosi energetica dell'edificio .....	17
3.1.1	Parametri caratterizzanti la zona termica .....	17
3.1.2	Involucro edilizio .....	17
3.1.3	Indici di prestazione energetica .....	20
3.2	Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici .....	21
3.2.1	Coibentazione delle chiusure verticali opache .....	21
3.2.2	Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici .....	22
3.2.3	Avvio di un sistema di energy management.....	25

## 1 Introduzione

Il documento presenta al Comune di Morgex i risultati dell'analisi dello stato di fatto e della diagnosi energetica della palestra comunale sita a Morgex in Viale Abbè Cerlogne 1.

### 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 palestra comunale è un edificio avente volumetria complessiva di 10767 m<sup>3</sup> realizzato durante gli anni 80 del secolo scorso. La struttura portante è in cemento armato con tamponamenti in laterizio forato, il solaio contro terra in cemento con vespaio in ghiaia ed i serramenti in ferro con vetro singolo. L'impianto di riscaldamento è alimentato da uno scambiatore allacciato alla rete comunale del teleriscaldamento.

L'involucro edilizio si dimostra nel suo complesso poco efficiente; principali responsabili delle dispersioni per trasmissione sono le chiusure opache rivolte verso l'esterno a causa dell'elevato valore di trasmittanza termica. La copertura è poi soggetta a numerosi fenomeni di infiltrazione dovuti alla vetustà dell'impermeabilizzazione.

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 nelle chiusure opache rivolte verso l'esterno come maggiori responsabili delle inefficienze dell'involucro edilizio, si è ipotizzata la posa di uno strato di isolamento termico esterno da collocare sulle chiusure opache stesse. 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]
Coibentazione delle chiusure orizzontali e verticali opache	1800	144000 - 180000	42	14000	5 - 6

### 1.3 Riferimenti

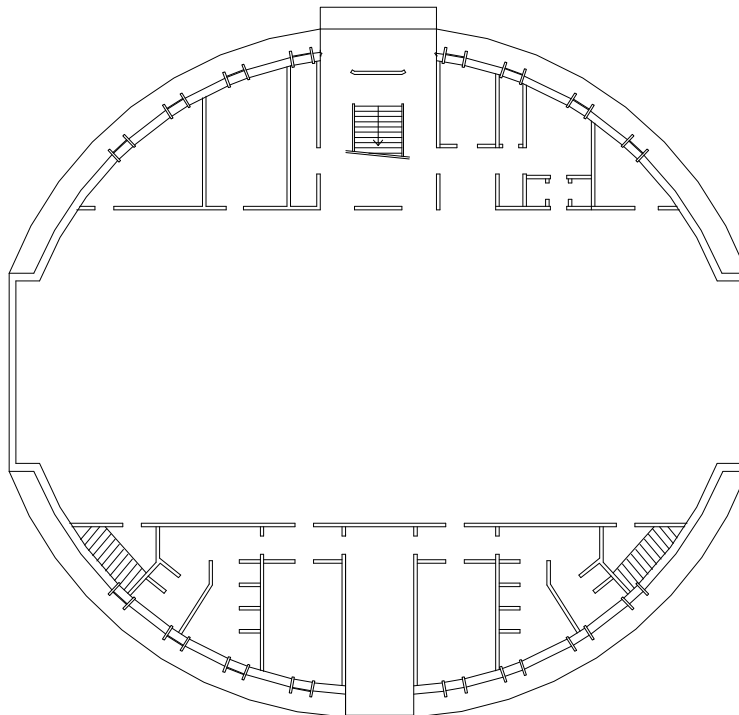
- [1] Offerta per diagnosi e certificazione degli edifici sul territorio comunale – Offerta Enertech Solution a Comune di Morgex del 27 dicembre 2011.
- [2] Disciplinare di incarico ad Enertech Solution per servizi attinenti al rilevamento ed elaborazione di audit energetici. Progetto PIT H3 “Mont Blanc 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

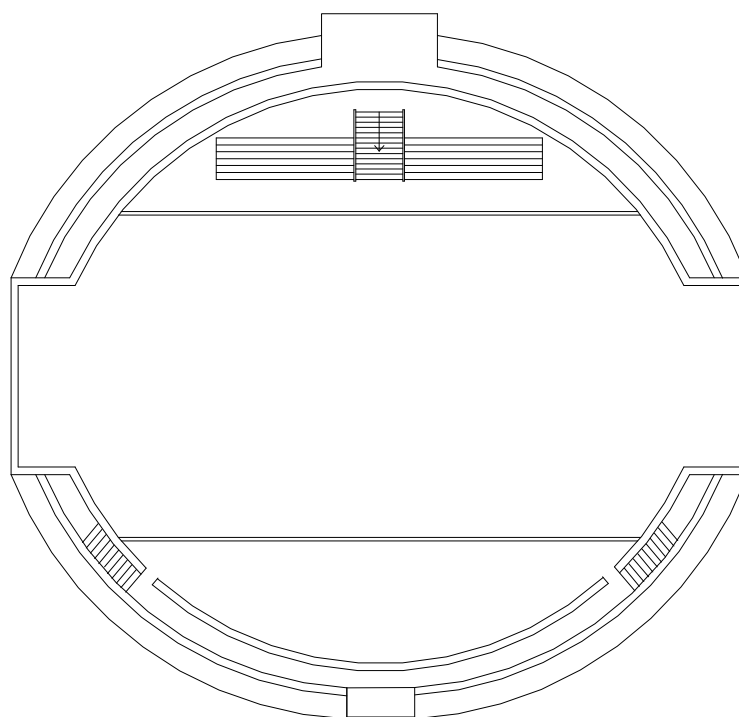
- [1] Abaco delle strutture opache e trasparenti;
- [2] Planimetria dell'edificio.

## 2 Analisi dello stato di fatto

La palestra comunale è situata a Morgex in Viale Abbè Cerlogne 1. L'edificio, realizzato nel corso degli anni '80 del secolo scorso, si articola su due piani fuori terra ed ospita gli alunni delle scuole elementari e medie. All'interno della volumetria riscaldata vi sono campo di gioco, spalti, spogliatoi, magazzini ed un area adibita all'uso degli attrezzi ginnici.



**Figura 1 - Planimetria del piano terra dell'edificio**



**Figura 2 - Planimetria del piano primo dell'edificio**

## 2.1 Inquadramento generale

DATI GENERALI	
Edificio	Palestra comunale
Comune	Morgex
Indirizzo	Viale Abbè Cerlogne 1
Epoca di costruzione	1975-1985
Classificazione PRGC	F2
Classificazione D.Lgs 412/93	E6.2
Dati catastali	Foglio: 10; Mappale: 313



Figura 3 - Prospetto Sud-Est



Figura 4 - Prospetto Sud-Ovest

UBICAZIONE	
Latitudine	45° 45' 29" N
Longitudine	7° 2' 18" E
Altitudine	929 s.l.m.
Esposizione versante	SO
Gradi giorno	3617
Orientamento edificio	NO-SE

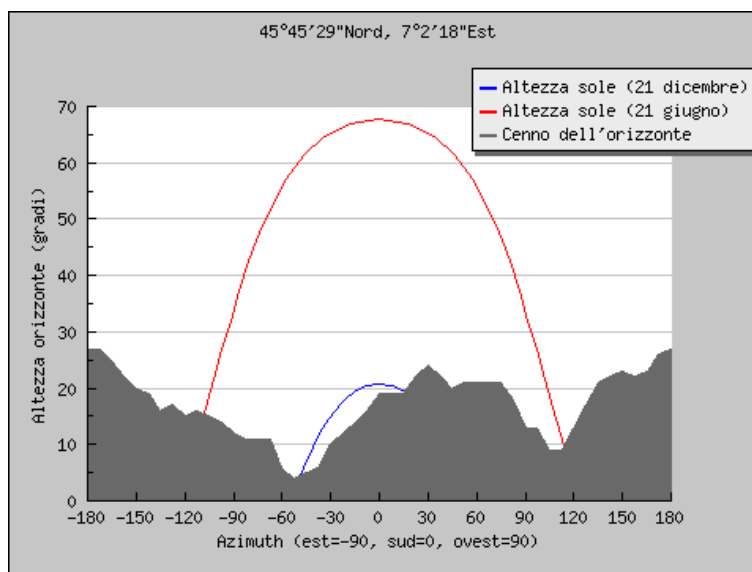


Figura 5 - Orizzonte solare

DESCRIZIONE	
Destinazione d'uso	Palestra
Tipologia edilizia	Edificio singolo
Tipologia costruttiva	Struttura in cemento armato con tamponamento in laterizio
Superficie utile	1450 m <sup>2</sup>
Superficie disperdente	3526 m <sup>2</sup>
Volume netto riscaldato	10157 m <sup>3</sup>
Volume lordo riscaldato	10767 m <sup>3</sup>
Rapporto S/V	0,33 1/m

## 2.2 Caratteristiche dell'involucro edilizio

La palestra comunale 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 cemento armato con finitura in bitume. Il solaio contro terra è in cemento con vespaio in ghiaia. I serramenti, aventi morfologia differente, sono tutti in ferro con vetro singolo; i soli serramenti del campo da gioco sono oscurati mediante una tenda interna.

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	2,888
Solaio contro terra	1,388
Parete esterna	2,888
Tamponamento esterno	1,991
Porta ingresso	5,879
Porta finestra ingresso spogliatoi	5,900
Porta finestra ingresso tribune	5,900
Finestra ingresso spogliatoi	5,900
Finestre palestra	5,900
Oblò	5,900

**Tabella 1 - Trasmittanza termica dei componenti costituenti l'involucro edilizio**

Si rimanda all'Allegato 1 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 ed ha rilevato la presenza di fenomeni di infiltrazione di acqua che avvengono attraverso la copertura. Le dispersioni associate al ponte termico sono così identificabili:

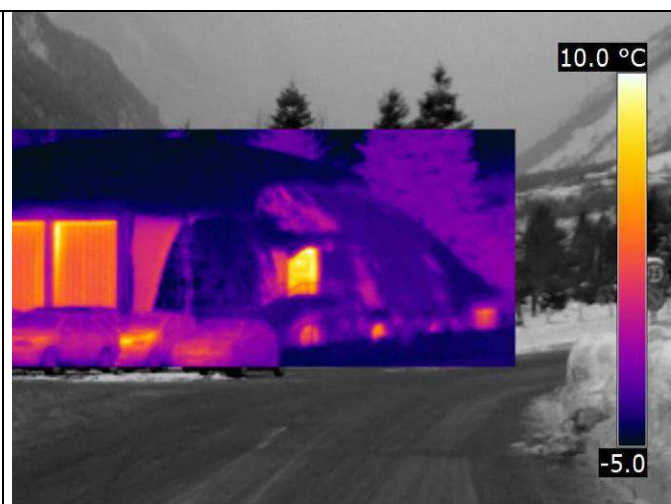
- Giunto trave/pilastro - tamponamento in laterizio;
- Giunto parete perimetrale - copertura;
- Giunto trave/pilastro – vetro.

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

## Prospetti Nord-Est e Sud-Est

RIFERIMENTO FOTOGRAFICO

RESPONSO TERMOCAMERA





### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva una discontinuità termica lungo la linea di giunto tra il pilastro in cemento armato e la parete in vetro e tra la struttura in cemento armato ed il tamponamento in laterizio. Un manto di neve omogeneo impedisce il rilievo di eventuali anomalie collocate sulla copertura dell'edificio.

### Angolo interno Sud-Est

#### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



#### RESPONSO TERMOCAMERA



### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva la presenza di aree di discontinuità termica sulla superficie interna della copertura compatibili con fenomeni di infiltrazione. Il confronto tra l'immagine fornita dalla termocamera ed una fotografia mostra la presenza di macchie di umidità in corrispondenza delle aree di discontinuità stesse.

Le dispersione associate al ponte termico non costituiscono un serio problema per l'edificio in questione. A meritare attenzione sono i fenomeni di infiltrazione di acqua diffusi su tutta la superficie interna della palestra. La presenza di un cospicuo manto di neve non consente di identificare con precisione le aree in cui l'impermeabilizzazione ha perso di efficacia, tuttavia l'entità delle infiltrazioni suggerisce la necessità di un intervento globale di ripristino del manto di impermeabilizzazione stesso.

## 2.4 Caratteristiche impiantistiche

### 2.4.1 Impianto termico

La palestra è dotata di impianto centralizzato per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria. A monte dell'impianto vi sono due sottostazioni di teleriscaldamento, una per il riscaldamento e l'altra per l'acqua calda sanitaria, aventi rispettivamente potenza termica di 500 kW e 20 kW. Gli scambiatori sono ubicati nella centrale termica posta al piano interrato dell'edificio, oggi dismessa, che ospitava la vecchia scuola media. Alle medesime sottostazioni sono allacciati anche i circuiti a servizio della vecchia scuola media stessa. Eseguendo una ripartizione in funzione del volume netto riscaldato servito dal generatore la quota parte di potenza termica a servizio della struttura è di 225 kW per il riscaldamento e di 10 kW per l'acqua calda sanitaria.

Il riscaldamento invernale è affidato ad un'unità di trattamento aria, priva di recuperatore di calore, avente anche funzione di ventilazione; le portate di mandata e ripresa dell'aria, di eguale entità, sono di 7500 m<sup>3</sup>/h.

## Palestra

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

I terminali di emissione sono costituiti da bocchette di mandata e ripresa dell'aria.

La scuola non presenta alcun impianto per la climatizzazione estiva.

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

Di seguito vengono presentate alcune tabelle che sintetizzano i principali componenti degli impianti fino ad ora descritti.

GENERATORE DI CALORE	
Marca	Alfa Laval
Modello	M6M FGL 113 H
Potenza termica utile	450 kW totali; 225 kW per la palestra
Fluido termovettore	Acqua
Uso	Riscaldamento
Rendimento medio di generazione	90%

GENERATORE DI CALORE	
Marca	Alfa Laval
Modello	M6M FGL 23
Potenza termica utile	20 kW totali; 10 kW per la palestra
Fluido termovettore	Acqua
Uso	Acqua calda sanitaria
Rendimento medio di generazione	90%

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

REGOLAZIONE	
Tipologia	Climatica più zona
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	Termostati
Numero regolatori	2
Funzioni svolte	Regolazione della temperatura nel locale
Impostazioni	ON/OFF

CONTABILIZZAZIONE CLIMATIZZAZIONE	
Marca	-
Modello	-
Numero di apparecchi	2
Dislocazione	Centrale termica
Funzioni svolte	Contacalorie
Unità di Misura	kWh

CONTABILIZZAZIONE ACS	
Marca	-
Modello	-
Numero di apparecchi	1
Dislocazione	Centrale termica
Funzioni svolte	Contacalorie
Unità di Misura	kWh

TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA		
Tipologia	Numero	Potenza termica nominale
Bocchette	33	550 W/cad



**Figura 6 - Scambiatore per il riscaldamento sito nella centrale termica al piano interrato della vecchia Scuola Media**



**Figura 7 - Scambiatore per acs sito nella centrale termica al piano interrato della vecchia Scuola Media**

### 2.4.2 Impianto elettrico

L'impianto elettrico a servizio dell'edificio è allacciato alla rete pubblica con una potenza impegnata pari a 22 kW.

All'interno della palestra sono presenti apparecchi quali frigorifero e radiatore elettrico ad uso esclusivo della custode. L'illuminazione avviene attraverso lampade al neon ed alogene; i corpi illuminanti alogeni sono i dodici fari posti sul soffitto.

Nella tabella seguente sono elencate le utenze interne allacciate alla rete ed i corpi illuminanti presenti, per ciascuna voce è riportata la potenza elettrica totale assorbita.

UTENZA INTERNA		
Tipologia	Numero	Potenza totale assorbita
Figorifero	1	85 W
Radiatore elettrico	1	2000 W

ILLUMINAZIONE INTERNA		
Tipologia Lampada	Numero	Potenza totale assorbita
Neon 2x36 W	9	648 W
Neon 1x36 W	9	324 W
Neon 1x18 W	4	72 W
Neon 20 W	9	180 W
Fari alogeni	12	6000 W

## 2.5 Analisi energetiche e dei consumi

### 2.5.1 Impianto termico

Il sistema impiantistico a servizio della palestra è alimentato da uno scambiatore di teleriscaldamento avente, per la sola volumetria occupata dall'edificio, potenza di 225 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	53121	180610	2528,54	21510,65	0,1191
2010	62786	213471	2988,60	25701,91	0,1204

In Tabella 2 si riportano gli indici di consumo dell'edificio 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		180610	16,77
Anno 2010	1 gennaio - 4 maggio; 29 settembre - 31 dicembre	10767,00	213471	19,83
Calcolato	5 ottobre - 22 aprile		1125423	104,53

**Tabella 2 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base stagionale**

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 3 è riportato l'indice di consumo su base oraria con i giorni e le ore in cui l'impianto di riscaldamento si è supposto acceso. Poiché la palestra non è impiegata quotidianamente per lo stesso numero di ore, si è ipotizzato un orario equivalente di funzionamento per la stagione di riscaldamento. A consentirci di effettuare tale supposizione in merito alle ore di funzionamento è la presenza, dichiarata, di un impianto di attenuazione notturna e di una regolazione di tipo climatico dell'impianto. 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	Indice di consumo orario [kWh/ora]
Anno 2010	213471	218	979,22	4,7	208,02
Calcolato	1125423	200	5655,39	24	235,64

**Tabella 3 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base oraria**

Eseguendo un confronto su base oraria si assottiglia il divario rilevato in Tabella 2 tra gli indici di consumo reale e calcolato. 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 dalla scuola primaria nell'anno 2010 è pari a 43415 kWh; nelle tabelle sottostanti viene dettagliato il consumo.

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				
Anno	Consumo energia [kWh]	CO <sub>2</sub> prodotta [kg]	Costi sostenuti [€]	Costo per kWh [€/kWh]
2010	10668	6571	2815,33	0,264

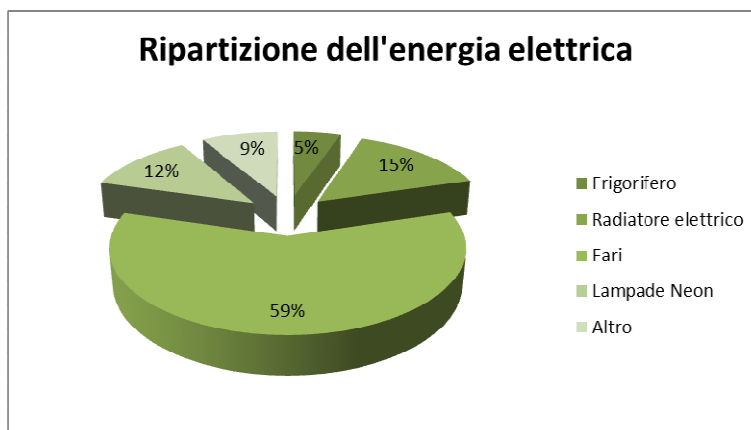
Le utenze allacciate alla rete (cfr. paragrafo 2.4.2) hanno orari di funzionamento variabili a seconda dell'utilizzo che ne viene fatto. Ipotizzando l'orario di funzionamento di ciascun apparecchio o lampada, è possibile verificare come si ripartiscono i kWh nel corso di un anno. In Tabella 4 e nella successiva Figura 8 è possibile visualizzare la ripartizione annua dei consumi in funzione dell'utenza.

Data la particolare destinazione d'uso si suppone che nel periodo estivo di chiusura delle scuole, la palestra comunale non sia in funzione.

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 giornaliera [h/g]	Giorni funzionamento [g]	Consumo annuo [kWh]	Totale [kWh]
Frigorifero	85	24	273	556,92	9762,12
Radiatore elettrico	2000	6	135	1620,00	
Fari	6000	6	175	6300,00	
Lampade neon	1224	6	175	1285,20	

Tabella 4 - Consumo annuo in kWh delle singole utenze elettriche



**Figura 8 - RIPARTIZIONE ANNUALE DEI CONSUMI**

L'analisi dei consumi identifica nell'illuminazione attraverso fari alogeni l'elemento meno performante dell'impianto. Da considerare è anche l'assorbimento del radiatore elettrico che, a causa dell'ostruzione del canale di ventilazione, resta in funzione per tutta la durata del periodo invernale.

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 con al cambio dell'utenza responsabile del consumo maggiore. Si suggerisce tuttavia la progressiva sostituzione delle fari alogeni con analoghi corpi illuminanti a fluorescenza che garantiscono uguali prestazioni a fronte di un minore assorbimento elettrico.



### 3 Diagnosi energetica

#### 3.1 Diagnosi energetica dell'edificio

La struttura si compone di una sola zona termica avente volumetria lorda complessiva di 10767 m<sup>3</sup>. Le dispersioni riscontrate sono dirette verso l'esterno od 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 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%

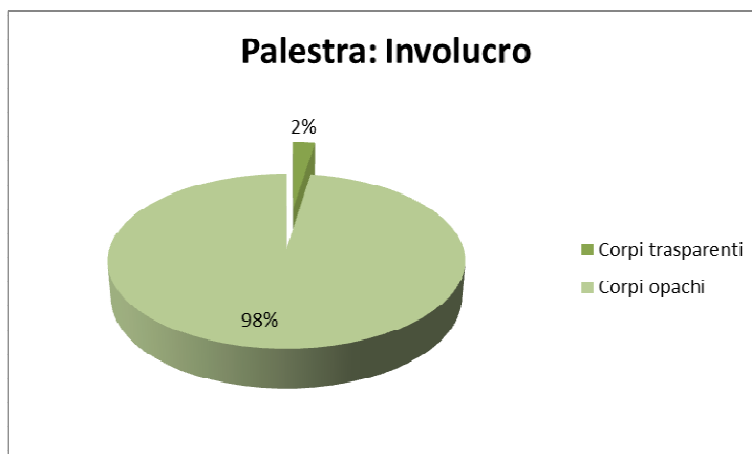
##### 3.1.2 Involucro edilizio

Le potenza dissipata per trasmissione attraverso le strutture disperdenti che delimitano l'involucro edilizio è pari a 242,46 kW.

I dati riportati in Tabella 5 e Tabella 6 mostrano quali siano i componenti che influiscono maggiormente sulle dispersioni per trasmissione; i grafici in Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12 mostrano le percentuali di involucro trasparente e opaco e le dispersioni ad essi associate.

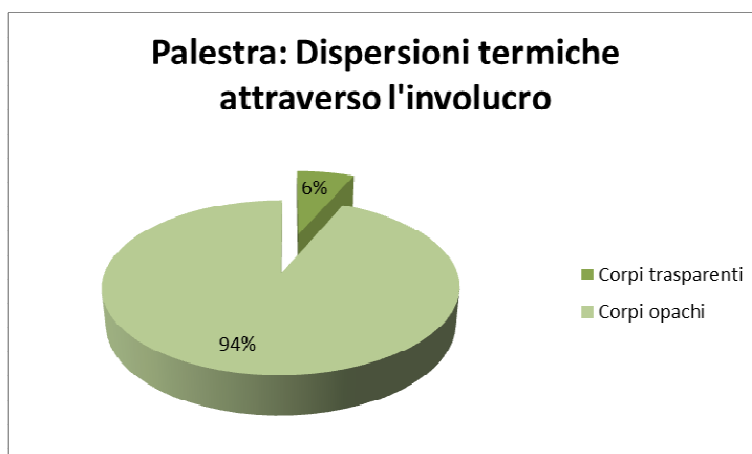
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica [W/K]
Corpi trasparenti	86,2	5,90	21.775	508,58
Trasparenti/Totale	2,44%		8,98%	6,46%
Corpi opachi	3.440,20	2,14	220.683	7359,56
Opachi/Totale	97,56%		91,02%	93,54%

**Tabella 5 - Geometria e caratteristiche tecniche delle strutture disperdenti componenti l'involucro edilizio**



**Figura 9 - STRUTTURE DISPUDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

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

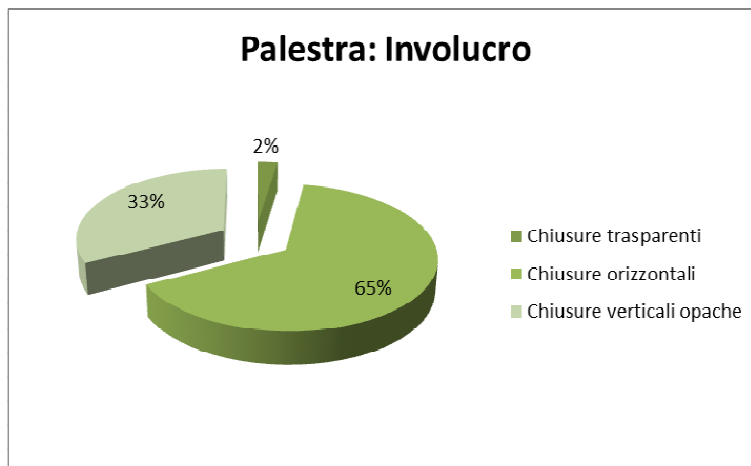


**Figura 10 - DISPERSIONE TERMICA**

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

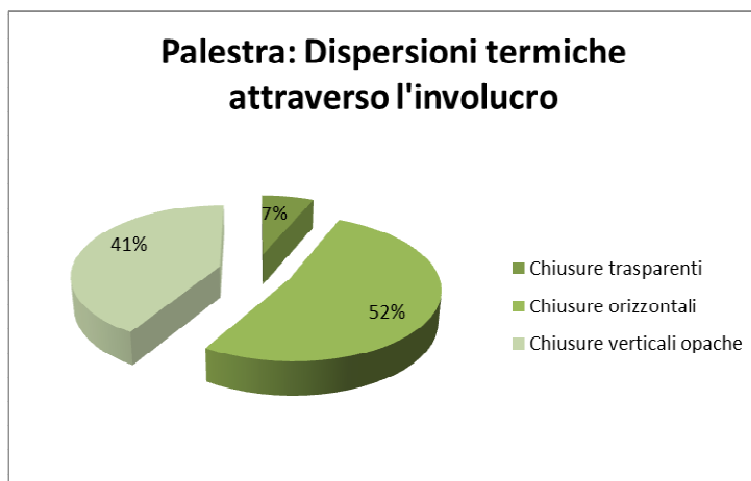
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica attraverso l'involucro [W/K]
Chiusure trasparenti	86,2	5,90	21.775	508,58
Trasparenti/Totale	2,44%		8,98%	6,46%
Chiusure orizzontali	2.290,00	1,79	76.389	4108,52
Orizzontali/Totale	64,94%		31,51%	52,22%
Chiusure verticali opache	1150,2	2,83	144.294	3251,04
Verticali/Totale	32,62%		59,51%	41,32%

**Tabella 6 - Geometria e caratteristiche tecniche delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti delimitanti l'involucro edilizio**



**Figura 11 - CHIUSURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

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



**Figura 12 - 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 grafici restituiscono un involucro opaco con prestazioni apparentemente non negative se paragonate al comportamento delle chiusure trasparenti; la percentuale di dispersione termica per chiusure verticali e orizzontali è infatti inferiore alla superficie occupata (cfr. Figura 9 e Figura 10). Richiamando però il dato di trasmittanza termica indicato al paragrafo 2.2 non si può non sottolineare che il valore indicato per copertura e pareti esterne,  $2,888 \text{ W/m}^2\text{K}$ , sia ben dieci volte superiore al limite imposto per le nuove costruzioni nell'allegato B del Decreto Ministeriale dell'11 marzo 2008.

Le chiusure trasparenti, che costituiscono il 2% della superficie totale, causano una dispersione tre volte superiore alla superficie stessa. La ragione di tale difformità è da implicare alla trasmittanza termica media, pari a quasi il triplo di quella media delle chiusure opache (cfr. Tabella 5).

### 3.1.3 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 13).

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA		
$E_{p_i \text{ lim}}$	13,05 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.
$E_{p_i}$	103,12 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione invernale
$E_{p_{acs}}$	1,41 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per produzione di acqua calda sanitaria
$E_{p_e}$	- kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione estiva
$E_{p_{ill}}$	19,19 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
$E_{p_{gl}}$	123,72 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica globale, dato dalla somma di $E_{p_i}$ , $E_{p_{acs}}$ , $E_{p_e}$ , $E_{p_{ill}}$
$\eta_{gl,i}$	0,67	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione invernale
$\eta_{gl,acs}$	0,73	Rendimento globale medio stagionale per produzione di acqua calda sanitaria
$\eta_{gl,e}$	-	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione estiva
$\eta_{gl,ill}$	0,46	Rendimento globale medio stagionale per l'illuminazione artificiale
CO <sub>2</sub>	1,73 kg/m <sup>3</sup> anno	Emissioni di CO <sub>2</sub>
En	331007 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,  $E_{p_i \text{ lim}}$ , e l'indice di prestazione reale  $E_{p_i}$ . La legislazione vigente impone che tutti i nuovi edifici realizzati all'interno della zona climatica F abbiano un consumo di ben 7,9 volte inferiore a quello calcolato per la palestra.

L'edificio in analisi eccede del 790% il valore limite.

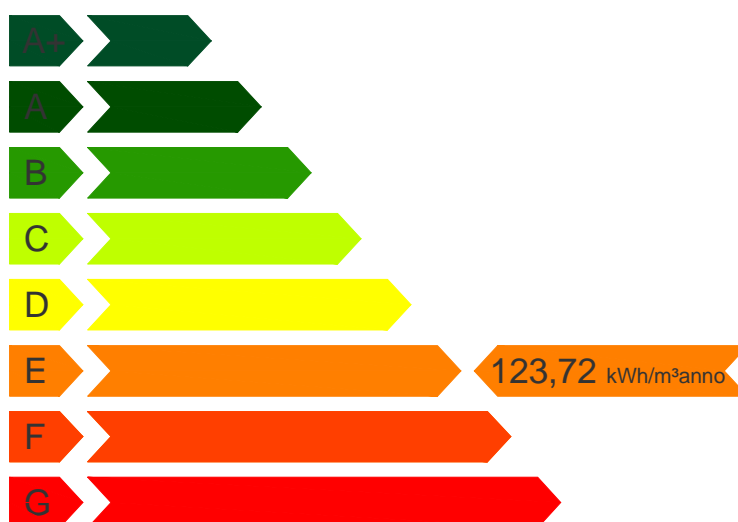


Figura 13 - CLASSIFICAZIONE ENERGETICA

### 3.2 Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici

L'analisi dello stato di fatto della scuola primaria ha evidenziato alcune criticità:

- Elevata trasmittanza termica di copertura e pareti esterne;
- Presenza di infiltrazioni dalla copertura;
- Assenza di un sistema di monitoraggio dell'impianto termico;
- Assenza di un sistema di monitoraggio dell'impianto elettrico.

Gli interventi ritenuti più significativi per diminuire le dispersioni e/o ridurre i consumi elettrici sono i seguenti:

- Coibentazione della copertura e delle chiusure verticali opache impiegando la tecnologia del "cappotto esterno";
- Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici;
- Avvio di un servizio di energy management;

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 all'edificio.

#### 3.2.1 Coibentazione delle chiusure verticali opache

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

- Il miglioramento delle prestazioni energetiche delle chiusure orizzontali e 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.

Impiegando uno strato di non oltre 12 cm di spessore di isolante termico, avente conducibilità termica non superiore a 0,028 W/mK e rivestito da uno strato di impermeabilizzazione ad hoc, si ottiene una trasmittanza termica di 0,22 W/m<sup>2</sup>K.

Realizzando un cappotto esterno su tutta la copertura e sulle pareti verticali la palestra compirebbe un salto di due classi; dall'attuale classe E passerebbe infatti ad una classe C.

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

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA			
	Chiusura attuale	Chiusura con cappotto esterno	Variazione [%]
$E_{p, lim}$	13,05 kWh/m <sup>3</sup> anno	13,05 kWh/m <sup>3</sup> anno	-
$E_{p_i}$	103,12 kWh/m <sup>3</sup> anno	52,01 kWh/m <sup>3</sup> anno	50%
$E_{p_{gl}}$	123,72 kWh/m <sup>3</sup> anno	72,62 kWh/m <sup>3</sup> anno	42%
$\eta_{gl, i}$	0,67	0,67	-
$CO_2$	1,73 kg/m <sup>3</sup> anno	1,02 kg/m <sup>3</sup> anno	41%
$E_n$	331007 kg	169183 kg	49%

## Palestra

La fornitura e posa in opera di un sistema a cappotto esterno con impermeabilizzazione ha un prezzo variabile tra gli 80 €/m<sup>2</sup> e i 100 €/m<sup>2</sup>; la cifra complessiva per i 1800 m<sup>2</sup> che costituiscono l'involucro si attesta tra i 144000 € ed i 180000 €.

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 3 tale dato deve essere attualizzato per avvicinarsi al consumo reale. La differenza di consumi di cui sopra dovrà quindi essere riferita ad un impianto in funzione 4,7 ore al giorno, 218 giorni l'anno. La mancata esecuzione di tale operazione porterebbe ad una sovrastima del risparmio economico connesso all'intervento.

Il risparmio annuo connesso all'intervento, utilizzando come riferimento il prezzo di 0,1222 €/kWh, è di circa 14000 €.

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

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]
Coibentazione delle chiusure orizzontali e verticali opache	1800	144000 - 180000	42	14000	5 - 6

### 3.2.2 Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici

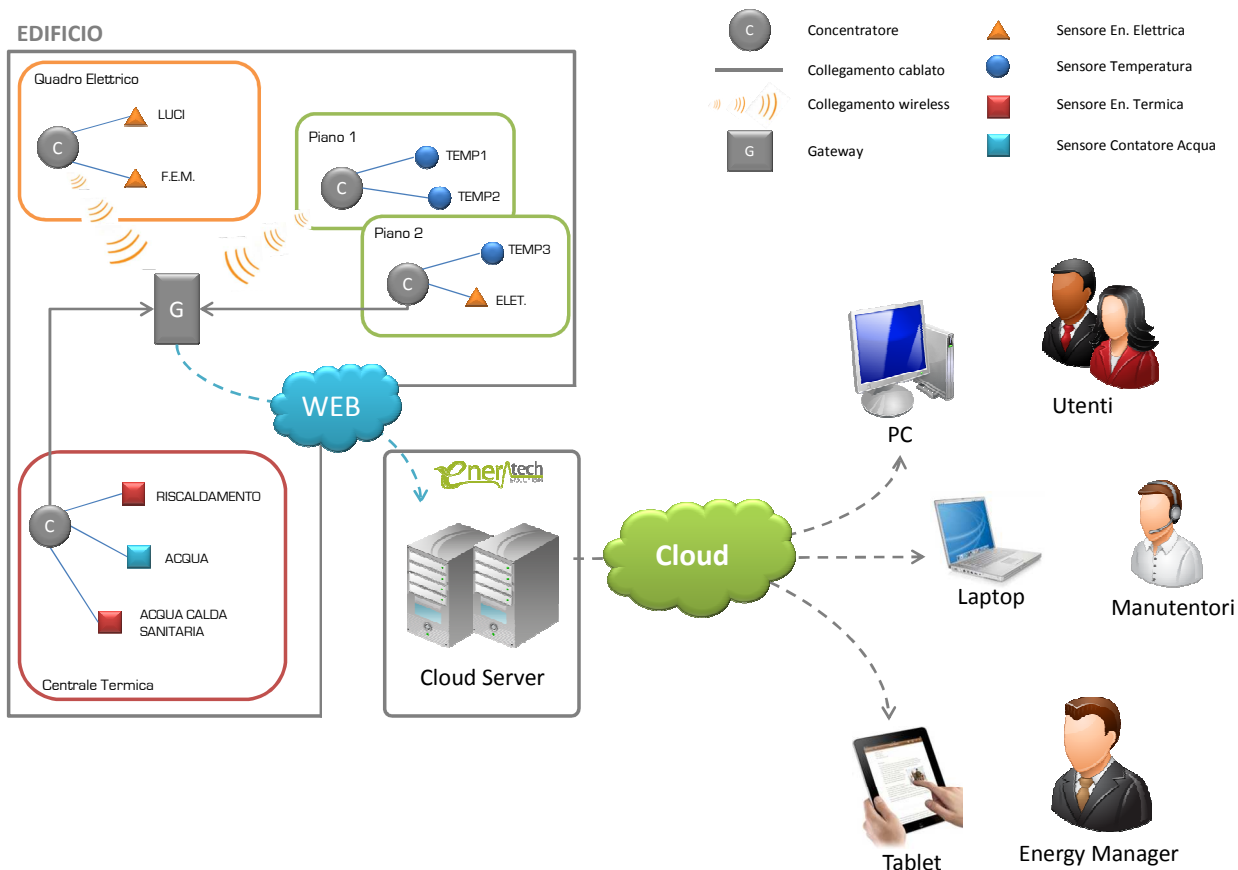
La diagnosi energetica ha messo in evidenza la mancanza di un supporto tecnologico per l'ottimizzazione della gestione dell'energia nel comune. Per ridurre l'assorbimento energetico degli edifici comunali, oltre ad intervenire sugli involucri e sugli impianti, è necessario disporre di informazioni puntuali e dettagliate circa i profili di consumo delle singole utenze. Tali informazioni consentirebbero di individuare le inefficienze e gli sprechi energetici dovuti alla gestione non ottimizzata delle risorse. È infatti impossibile ottimizzare le prestazioni energetiche degli edifici senza strumenti tecnologici a supporto del gestore degli impianti.

Attualmente, si hanno a disposizione i dati di consumo ottenuti tramite le fatturazioni dei diversi fornitori di energia e le letture dei contatori installati in alcuni degli edifici. Tali dati sono rilevati mensilmente e consentono una sola analisi preliminare dei consumi poiché non contengono dettagli circa i profili di assorbimento giornalieri delle diverse utenze servite e la ripartizione dei consumi sui diversi carichi elettrici e termici. L'importanza di tali informazioni risiede nella possibilità di individuare inefficienze e sprechi impossibili da rilevare con una analisi dei soli dati aggregati. La conoscenza del reale profilo di consumo delle diverse utenze e della ripartizione degli assorbimenti sui diversi carichi consentirebbe di comprendere meglio il dato aggregato di consumo e di intervenire per ridurlo.

#### Infrastruttura di monitoraggio

Per supportare adeguatamente la gestione delle risorse energetiche comunali, è possibile utilizzare un'infrastruttura di monitoraggio dei consumi e delle grandezze fisiche strettamente correlate con gli assorbimenti energetici.

Tale infrastruttura deve prevedere una rete di sensori che misurino l'energia termica ed elettrica assorbita dalle diverse utenze. In ogni edificio (Figura 14) dovranno essere installati sensori sulle diverse linee elettriche (illuminazione, F.E.M., climatizzazione, ecc.), nella centrale termica (energia termica assorbita per riscaldamento, consumi acqua calda sanitaria, ecc.) ed eventualmente nei diversi piani che compongono l'edificio (misurazioni temperatura, umidità, ecc.).

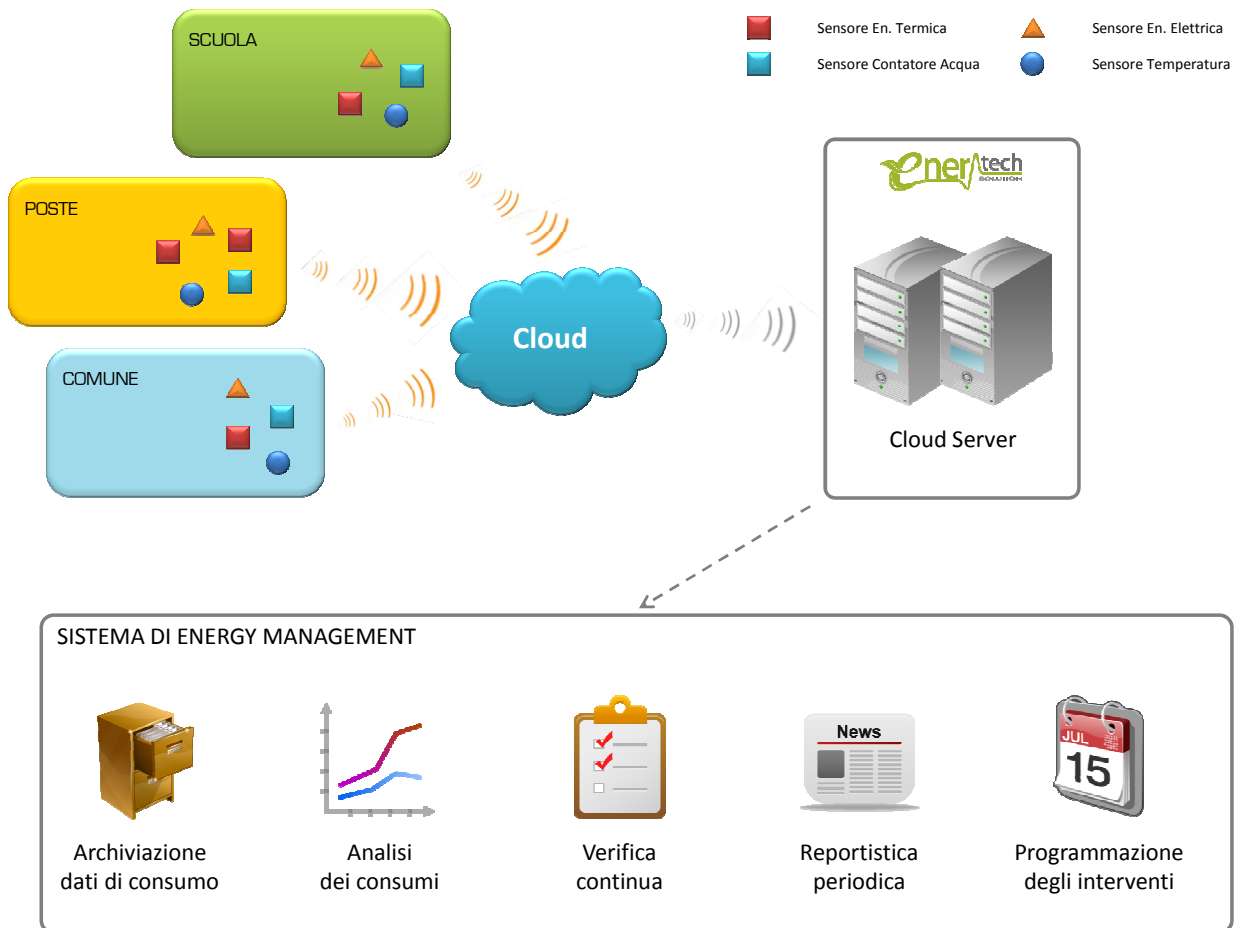


**Figura 14. Infrastruttura di monitoraggio dei consumi energetici**

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 15) e mettere a disposizione degli utenti un insieme di strumenti e risorse utili all'ottimizzazione dei consumi energetici comunali.

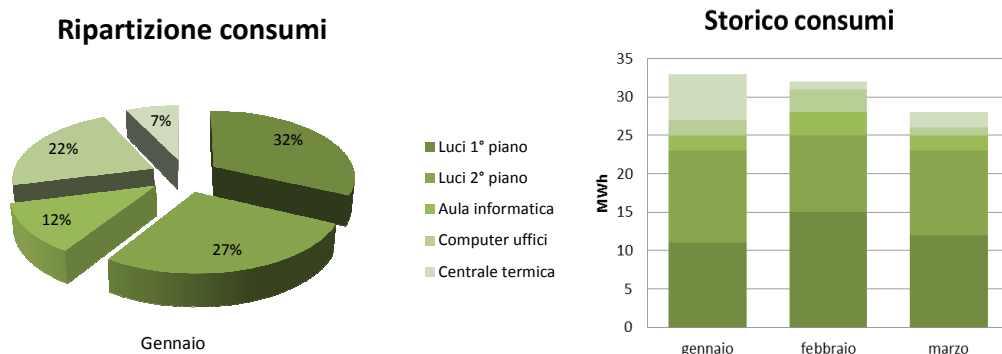
Tramite l'EnMS sarà possibile disporre di un archivio storico delle misure effettuate e di uno strumento di analisi e correlazione dei dati di consumo. Possono inoltre essere eseguite verifiche sui sistemi energetici monitorati, e realizzare dei sistemi di reportistica automatica per il controllo dei 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 15. 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 16. 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 16. 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 17). 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 17, 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.

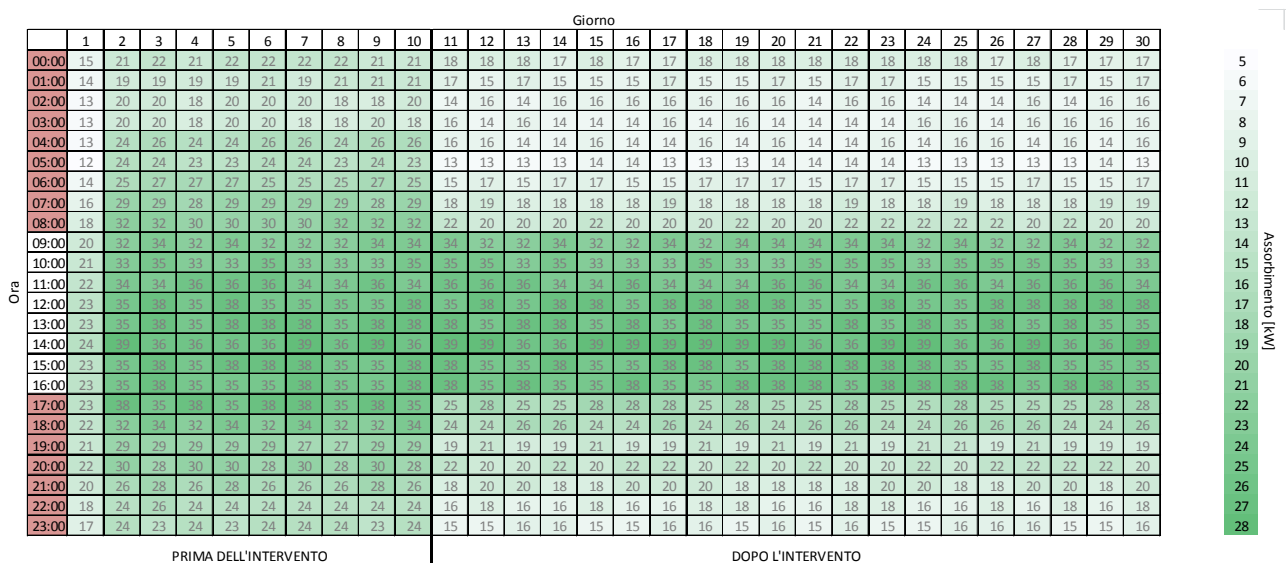


Figura 17. Diagramma spettrale

### 3.2.3 Avvio di un sistema 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 18):

- 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.

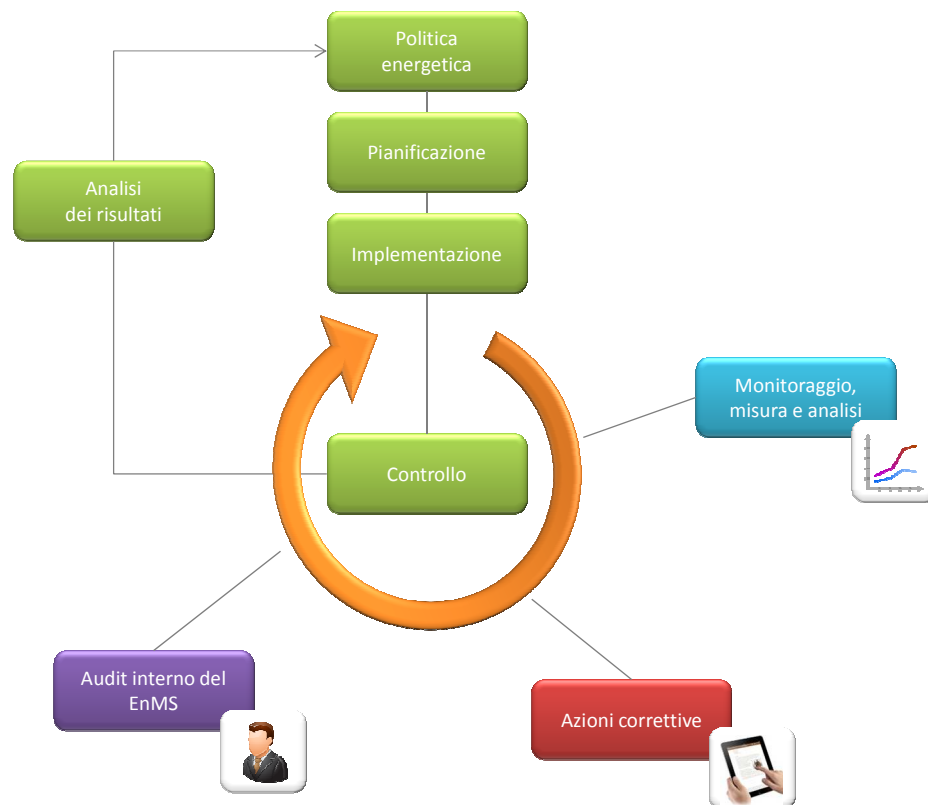


**Figura 18. Ciclo Deming**

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 19 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 19. 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.

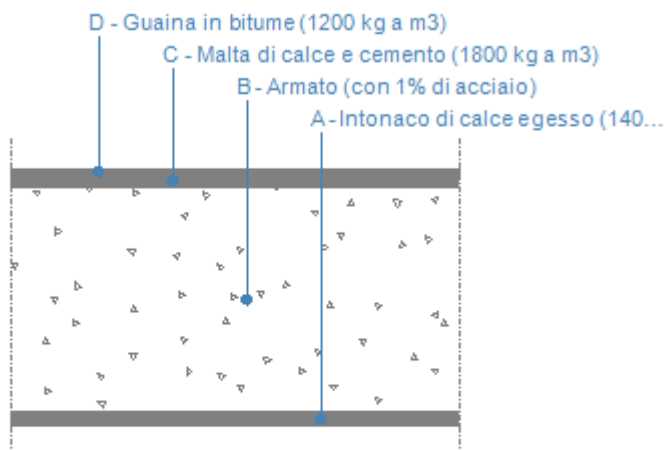
**In riferimento all'edificio oggetto della diagnosi, è ragionevole stimare una riduzione tra il 10% e il 35% delle spese energetiche globali con la sola ottimizzazione della gestione dell'energia. Tale risparmio consentirebbe di ammortizzare in breve tempo i costi sostenuti per l'avvio dei servizi di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

### Copertura

#### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Copertura</b></p> <p>Descrizione: Copertura in cemento</p> <p>Tipologia: Copertura</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 285,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,888 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,346 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 608 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	 <p>D - Guaina in bitume (1200 kg a m3) C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m3) B - Armato (con 1% di acciaio) A - Intonaco di calce e gesso (1400 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	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	15,0	0,700	0,021	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Armato (con 1% di acciaio)	250,0	2,300	0,109	2.300	1,00	130,0	80,0
C	Malta di calce e cemento (1800 kg a m3)	15,0	0,900	0,017	1.800	0,84	23,5	23,5
D	Guaina in bitume (1200 kg a m3)	5,0	0,170	0,029	1.200	0,92	22.222,2	22.222,2
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>285,0</b>		<b>0,346</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 <math>T_i</math></i> °C	<i>Pressione parziale interna <math>P_i</math></i> Pa	<i>Temperatura esterna <math>T_e</math></i> °C	<i>Pressione parziale esterna <math>P_e</math></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: 1,321 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

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Solaio contro terra</b></p> <p>Descrizione: Solaio in cemento con vespaio in ghiaia</p> <p>Tipologia: Pavimento</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 503,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,388 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,721 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 864 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	<p>A - Linoleum 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	Linoleum	3,0	0,170	0,018	1.200	1,40	1.000,0	800,0
B	Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m <sup>3</sup> )	200,0	0,810	0,247	1.600	0,88	21,3	21,3
C	Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m <sup>3</sup> )	100,0	1,262	0,079	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>503,0</b>		<b>0,721</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

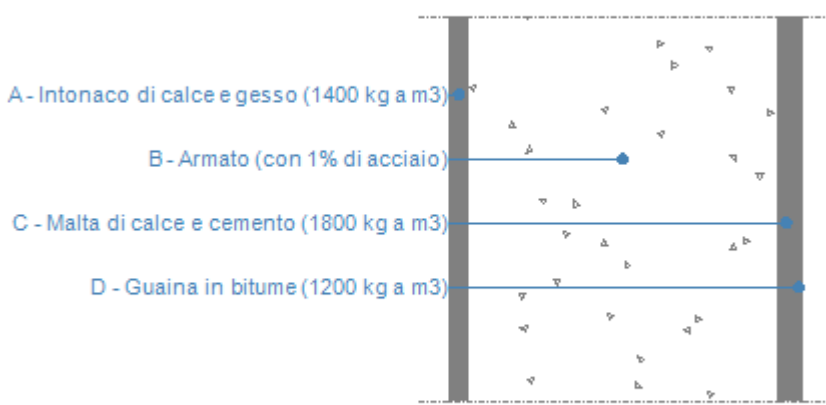
## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna <math>T_i</math></i> °C	<i>Pressione parziale interna <math>P_i</math></i> Pa	<i>Temperatura esterna <math>T_e</math></i> °C	<i>Pressione parziale esterna <math>P_e</math></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: 0,038 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 $\Delta P$ : 159,247 Pa

## Parete esterna

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Parete esterna</b></p> <p>Descrizione: Parete in cemento armato</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 285,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,888 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,346 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 608 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p>	 <p style="color: blue; font-weight: bold;">A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p style="color: blue; font-weight: bold;">B - Armato (con 1% di acciaio)</p> <p style="color: blue; font-weight: bold;">C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m3)</p> <p style="color: blue; font-weight: bold;">D - Guaina in bitume (1200 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	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	15,0	0,700	0,021	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Armato (con 1% di acciaio)	250,0	2,300	0,109	2.300	1,00	130,0	80,0
C	Malta di calce e cemento (1800 kg a m3)	15,0	0,900	0,017	1.800	0,84	23,5	23,5
D	Guaina in bitume (1200 kg a m3)	5,0	0,170	0,029	1.200	0,92	22.222,2	22.222,2
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>285,0</b>		<b>0,346</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

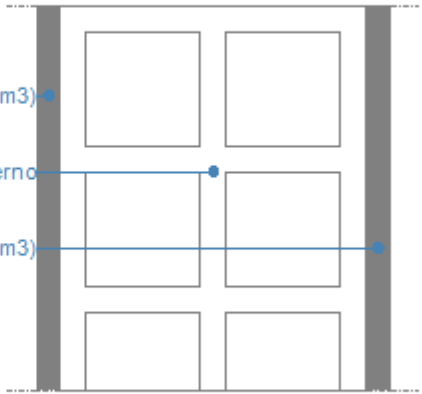
CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10



	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: $1,321 \text{ kg/m}^2$ , 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: <b>Tamponamento esterno</b></p> <p>Descrizione: Parete esterna in laterizio</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 230,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,991 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,502 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 347 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p>	 <p style="color: blue;">A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p style="color: blue;">B - Mattoni forati 120 esterno</p> <p style="color: blue;">C - Malta di calce e cemento (1800 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	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	15,0	0,700	0,021	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Mattoni forati 120 esterno	200,0	0,680	0,294	1.600	0,84	8,5	8,5
C	Malta di calce e cemento (1800 kg a m3)	15,0	0,900	0,017	1.800	0,84	23,5	23,5
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>230,0</b>		<b>0,502</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

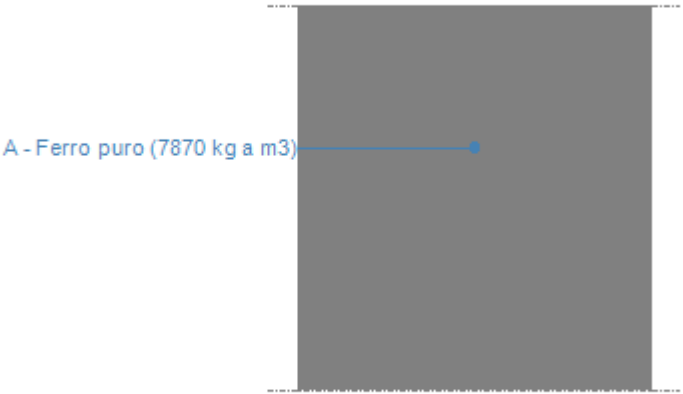
### CONDIZIONI AL CONTORNO

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: $0,143 \text{ kg/m}^2$ , 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 ferro</p> <p>Tipologia: Porta</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 5,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 5,879 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,170 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 39 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 orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Ferro puro (7870 kg a m <sup>3</sup> )	5,0	80,000	0,000	7.870	0,46	20.000,0	20.000,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>5,0</b>		<b>0,170</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 <sub>i</sub> °C	Pressione parziale interna P <sub>i</sub> Pa	Temperatura esterna T <sub>e</sub> °C	Pressione parziale esterna P <sub>e</sub> 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 $\Delta P: -760,097 \text{ Pa}$
	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 finestra ingresso spogliatoi

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

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

Descrizione: Serramento in ferro con vetro singolo

Larghezza: 100 cm

Altezza : 240 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: 1

Spessore divisioni orizzontali: 10 cm

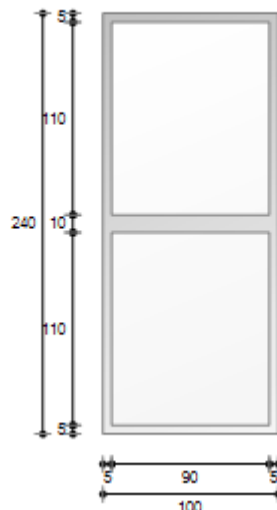
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,980 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,420 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 2,400 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 8,000 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 sf: 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)**

## Porta finestra ingresso tribune

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

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

Descrizione: Serramento in ferro con vetro singolo

Larghezza: 120 cm

Altezza : 240 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: 1

Spessore divisioni verticali: 8 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 10 cm

Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 2,244 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,636 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 2,880 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 12,880 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)**

## Finestra ingresso spogliatoi

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestra ingresso spogliatoi**

Descrizione: Serramento in ferro con vetro singolo

Larghezza: 100 cm

Altezza : 140 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

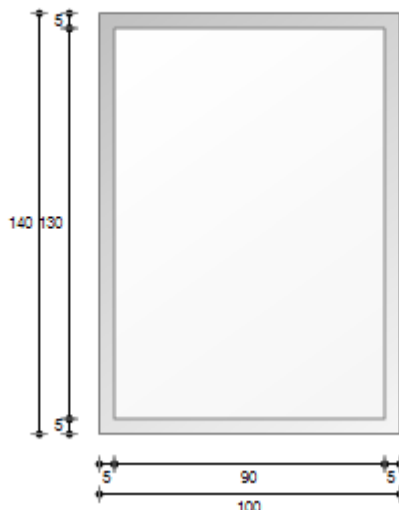
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,170 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,230 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 1,400 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 4,400 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 sf: 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 palestra

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre palestra**

Descrizione: Serramento in ferro con vetro singolo

Larghezza: 230 cm

Altezza : 395 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: 8

Spessore divisioni verticali: 1 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 10 cm

Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 7,950 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,135 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 9,085 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 75,980 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 sf: 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)

**Trasmittanza termica serramento comprendendo la tenda interna  $U_w, CORR$ : 5,900 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Oblò

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Oblò**

Descrizione: Serramento in ferro con vetro singolo

Larghezza: 50 cm

Altezza : 50 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: 1

Spessore divisioni orizzontali: 5 cm

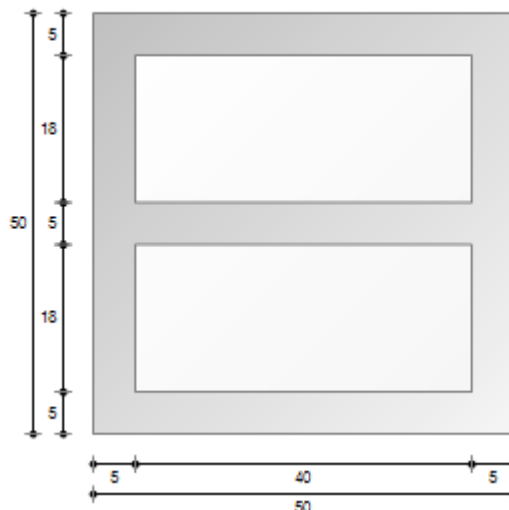
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 0,140 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,110 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 0,250 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 2,300 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 sf: 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)**