POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi

Tesi di Laurea Magistrale

Diagnosi energetica di un edificio pubblico, Istituto Tecnico Statale per Geometri Pierluigi Nervi.

Relatore:

Prof. Marco Zerbinatti

Correlatore:

Prof. Enrico Fabrizio

Candidata:

Michela Dello Stritto

Anno Accademico 2018/2019

A Mio Marito,

Mio Padre e Mia Madre.

Abstract

Negli ultimi anni uno dei temi più attuali nell'ambito delle costruzioni è quello della riqualificazione energetica degli edifici; rivestono un elevato interesse quelli appartenenti alla Pubblica Amministrazione, poiché rappresentano una parte significativa dei consumi di energia a livello nazionale.
In seguito a tali considerazioni è stato scelto di svolgere la diagnosi energetica di un edificio scolastico appartenente alla Provincia di Novara, l'Istituto Tecnico Statale per geometri Pierluigi Nervi, costruito nel 1973.
Nella raccolta dati è stata fondamentale l'interazione attiva con l'Amministrazione locale, che ha fornito:

- le planimetrie in formato digitale;
- le informazioni tecniche relative all'impianto di riscaldamento;
- i consumi reali legati alla climatizzazione invernale degli ambienti.

L'analisi energetica è stata sviluppata utilizzando il programma di progettazione termotecnica Termus, classificando l'edificio in questione in classe E, con un relativo $EPgl,_{nren}$ pari a 333,204 kWh/m^2 anno.
I risultati ottenuti con il programma e i diversi sopralluoghi effettuati hanno permesso di elaborare l'analisi delle criticità del sistema edificio-impianto; tali criticità hanno costituito una base di riferimento per poter individuare interventi di miglioramento energetico, riguardanti i seguenti sistemi e/o subsistemi:

- la coibentazione della copertura;
- la coibentazione delle pareti;
- la sostituzione dei serramenti;
- l'installazione delle valvole termostatiche.

Successivamente alla simulazione delle singole operazioni di miglioramento e alla quantificazione dei relativi risparmi energetici, è stato possibile procedere alla valutazione di carattere economico delle varie proposte attraverso lo strumento dell'analisi costi-benefici.

Quest'ultima è particolarmente utile alla Pubblica Amministrazione nel momento decisionale, poiché consente di definire un ordine di priorità di intervento prendendo in considerazione il relativo tempo di ritorno dell'investimento.
Infine, dato che i diversi interventi non comportano risultati particolarmente soddisfacenti né in termini di energia risparmiata (in quanto la realizzazione di tutti gli interventi consentirebbe il solo raggiungimento della classe energetica C) né dal punto di vista economico (poiché i tempi di ritorno dei singoli investimenti sono elevati in relazione alla vita utile dei componenti edilizi) è stato dedotto che le migliori operazioni da eseguire (per ridurre i consumi termici) sono la demolizione del fabbricato e la sua ricostruzione, poiché:

1) l'edificio non possiede valore storico e artistico.
2) la posizione dell'area è strategica in rapporto con le vie di accesso della città di Novara;
3) l'area stessa è adeguatamente servita da mezzi di trasporto pubblici;
4) l'area mantiene una elevata attrattività sul quartiere, insieme con gli altri plessi scolastici adiacenti.

Indice

Introduzione 3
1. Descrizione dell'edificio 4
1.1 Dati dell'edificio 5
1.2 Planimetrie 6
1.2.1 Pianta piano interrato 6
1.2.2 Pianta piano terra 7
1.2.3 Pianta piano primo, secondo e terzo 8
1.2.4 Pianta piano quarto 10
1.2.5 Pianta della copertura 11
1.3 Involucro opaco e trasparente 12
1.3.1 Manufatto architettonico 12
1.3.2 Soluzioni costruttive 14
1.3.3 Serramenti 25
1.3.4 Prospetti 27
1.3.4.1 Prospetto Est 27
1.3.4.2 Prospetto Ovest 30
1.3.4.3 Prospetto Sud 32
1.3.4.4 Prospetto Nord 35
1.4 Impianto termico 38
1.4.1 Caldaia a gas 38
1.5 Impianto elettrico 40
2. Analisi del contesto 42
2.1 Studio delle condizioni climatiche di Novara 42
2.1.1 Andamento dei gradi giorno 43
3. Identificazione delle criticità 45
3.1 Assenza di isolamento del solaio di copertura 45
3.2 Assenza di isolamento delle pareti esterne 46
3.3 Scarsa capacità isolante dei serramenti 47
3.4 Superficie disperdente trasparente elevata 48
3.5 Assenza del sistema di regolazione della temperatura interna 49
3.6 Assenza dell'isolamento del basamento 49
3.7 Presenza di ponti termici 50
4 Analisi energetica dell'edificio 59
4.1 Analisi dei consumi termici 59

5 Proposta interventi migliorativi 62
5.1 Intervento 1 – Coibentazione della copertura 64
5.2 Intervento 2 – Coibentazione delle pareti 70
5.3 Intervento 3 – Sostituzione dei serramenti 76
5.4 Intervento 4 – Installazione delle valvole termostatiche 82
6 Conclusioni 85
6.1 Analisi costi – benefici degli interventi proposti 89
6.2 Considerazioni finali 106
Bibliografia 111
Sitografia 112
Indice delle figure 113
Indice delle tabelle 115
Allegati 117

Introduzione

Negli ultimi anni uno degli argomenti di particolare importanza nel nostro paese è l'efficienza energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione, in merito a ciò l'obiettivo principale della seguente tesi è quello di fornire alla Provincia di Novara gli strumenti necessari per eseguire un piano di recupero energetico dell'Istituto Tecnico Statale per Geometri "Pierluigi Nervi", che attualmente versa in condizioni non adeguate.

L'analisi energetica svolta sull'edificio scolastico rappresenta il punto di partenza per poter individuare i vari interventi di miglioramento energetico idonei alla riduzione dei consumi termici dell'immobile.

Pertanto sono state analizzate e classificate le diverse ipotesi di miglioramento, individuando l'operazione economicamente più vantaggiosa attraverso lo strumento dell'analisi costi-benefici.

La diagnosi energetica e i relativi risultati sono stati ottenuti utilizzando il *software* dell'ACCA Termus.

L'analisi è stata svolta attraverso il procedimento di lavoro di seguito puntualizzato:

1. Sopralluogo preliminare;
2. Acquisizione dei dati utili alla diagnosi energetica;
3. Compilazione del *tool* Termus;
4. Valutazione dei risultati ottenuti;
5. Identificazione delle criticità energetiche relative al sistema edificio – impianto;
6. Identificazione degli interventi migliorativi;
7. Valutazioni economiche;
8. Considerazioni finali.

1. Descrizione dell'edificio

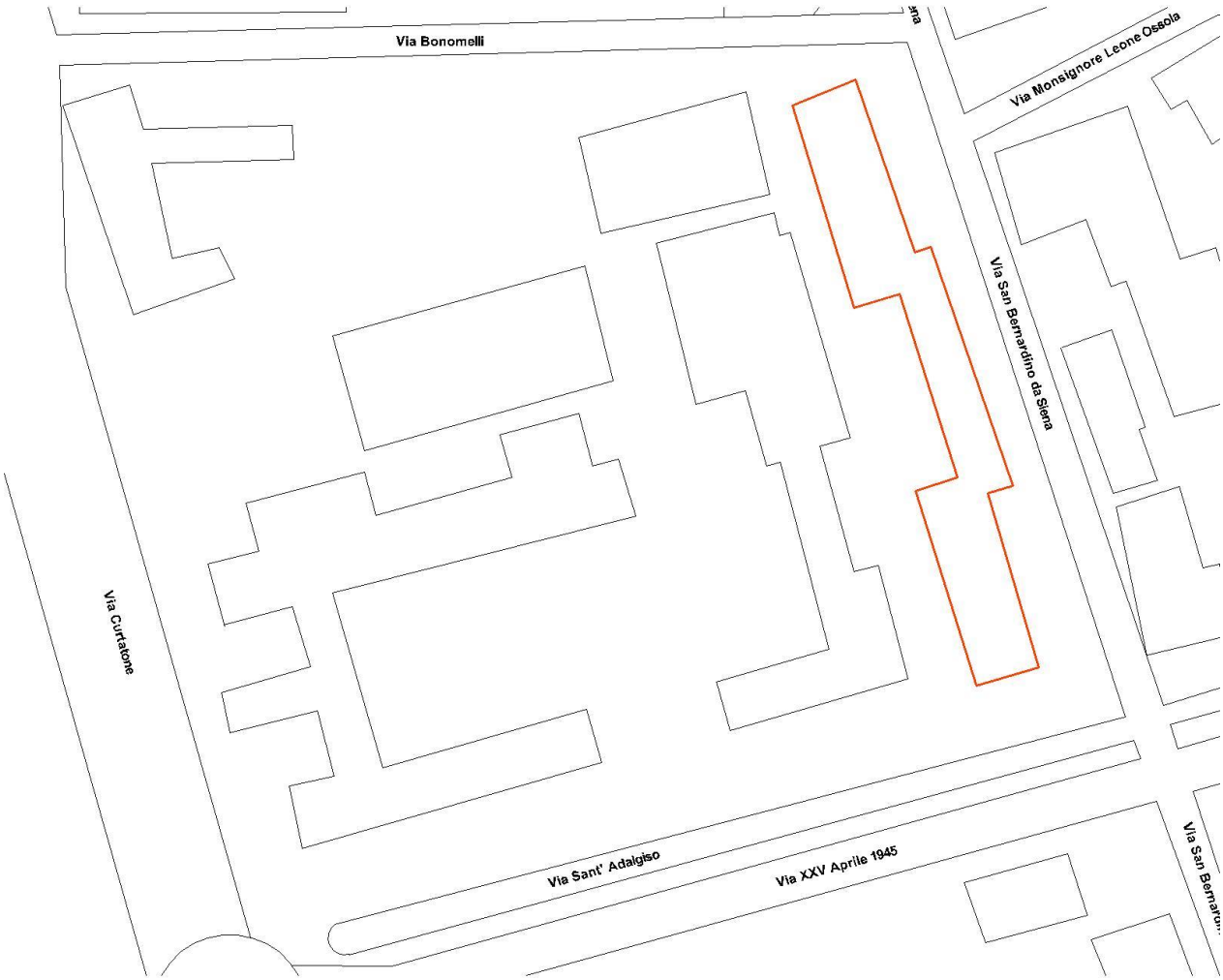

Figura 1.1 – Planimetria Complesso Scolastico

L'edificio oggetto dell'analisi energetica ospita la sede dell'Istituto Tecnico Statale per Geometri "Pierluigi Nervi", situato in via San Bernardino da Siena n.10, Novara (*Figura 1.1, Allegato A0, Tavola 0*), in prossimità dell'Istituto ITC Mossotti e la sede del distaccamento dell'Istituto Tecnico Industriale Statale Omar.
Il fabbricato, costruito nel 1973, si sviluppa planimetricamente su una superficie di circa 1600 m^2 e consta di 5 piani fuori terra e un piano interrato.
Al piano interrato sono situati i vari ripostigli e archivi; al piano terra sono localizzati gli spazi di accoglienza, la presidenza, gli uffici e le aule dei professori; al piano primo, secondo e terzo sono situate le aule e i laboratori didattici, la cui distribuzione avviene attraverso un corridoio centrale; mentre al quarto piano si perdono le aule rivolte a Nord, a Sud e a Ovest.

L'impianto di climatizzazione invernale è costituito da tre caldaie a condensazione alimentate a gas metano, condivise con gli istituti vicini, che provvedono al riscaldamento di tutta la scuola attraverso radiatori distribuiti in ciascuna aula e nei corridoi interni.

Le stratigrafie dell'edificio sono state stimate in base agli spessori delle murature, all'anno di costruzione del complesso scolastico e tipologia edilizia.

I serramenti sono tutti in alluminio a doppio vetro.

1.1 Dati dell'edificio

Le caratteristiche dimensionali complessive dell'edificio (*Tabella 1.1*) derivano dall'osservazione diretta nel corso dei sopralluoghi e da dettagli forniti dall'ufficio edilizia della Provincia di Novara.

Il calcolo delle superfici è stato effettuato a partire dalle planimetrie in formato digitale fornite dagli Uffici tecnici della Provincia.

Tabella 1.1 – Dati riassuntivi Istituto Nervi

Dati Geometrici		Descrizione
Numero dei piani climatizzati	5	Piano Terra Piano Primo Piano Secondo Piano Terzo Piano Quarto
Altezza netta dei locali [m]	4,7 3,9	Piano terra Altri piani
Superficie utile riscaldata [m^2]	5.302,68	Rappresenta la superficie netta calpestabile degli ambienti a temperatura controllata o climatizzati dell'edificio a netto di tramezzi e muri esterni e comprensiva delle soglie delle porte e degli spazi al di sotto dei terminali di emissione.
Superficie lorda disperdente del volume riscaldato [m^2]	8.797,34	E' la superficie lorda che delimita l'edificio verso l'esterno, ovvero verso ambienti a temperatura non controllata.
Volume lordo riscaldato [m^3]	25.010,17	E' il prodotto tra la superficie lorda totale di pavimento e l'altezza lorda del volume oggetto di certificazione, comprensiva dei solai.
Rapporto S/V	0,35	Il rapporto S/V misura la compattezza di un edificio, e rappresenta un parametro importante per valutare l'efficienza energetica di una costruzione. Dove S è la superficie che delimita l'edificio verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento), e V è il volume lordo delle parti dell'edificio riscaldate e definito dalle superfici che lo delimitano.

1.2 Planimetrie

1.2.1 Pianta piano interrato

Il piano interrato (*Figura 1.2 - 1.3, Allegato A, Tavola 1*) si estende su una superficie di circa 1.600 m^2 ed non è conteggiato all'interno della superficie riscaldata, poiché non presenta corpi scaldanti.
Un tempo tale spazio ospitava la palestra dell'Istituto, oggi situata al piano terra.
Tale piano ora ospita stanze adibite ad archivi, ripostigli e locale deposito accessibili attraverso due corpi scala, uno posto nella parte Nord - Est e un altro nella parte Ovest dell'edificio.

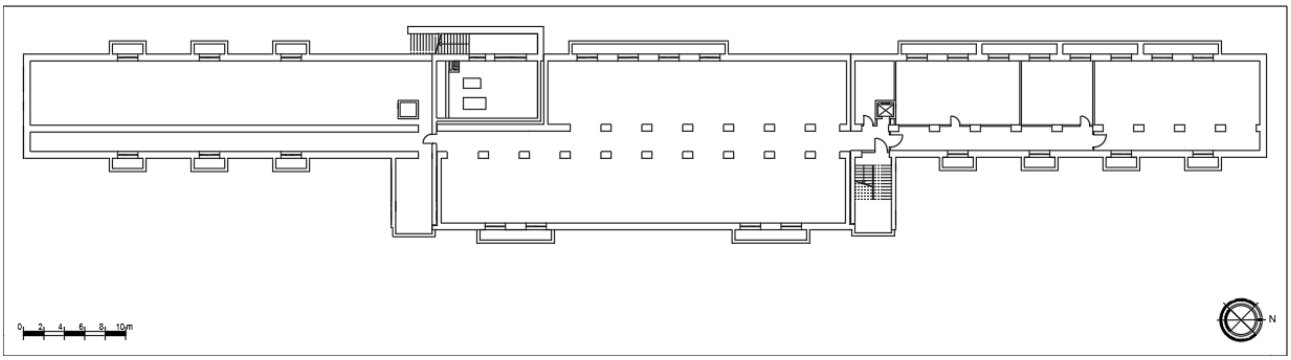

Figura 1.2 - Pianta Piano Interrato

Figura 1.3 – Immagini Piano Interrato

1.2.2 Pianta piano terra

Il piano terra (*Figura 1.4 - 1.5, Allegato B, Tavola 2*) si estende su una superficie di circa 1.600 m^2, ed è conteggiato all'interno della superficie riscaldata, poiché presenta corpi scaldanti.
Questo è caratterizzato dalla presenza dei seguenti spazi: atrio, segreteria con annessi uffici, presidenza, due aule insegnanti, sale di attesa, servizi, biblioteca e una palestra con annessi spogliatoi. Inoltre nella parte sud dell'edificio è situato l'alloggio del custode.
Dallo spazio centrale d'ingresso, invece, è possibile risalire ai piani successivi grazie ai due blocchi scale, che si trovano su entrambi i lati.

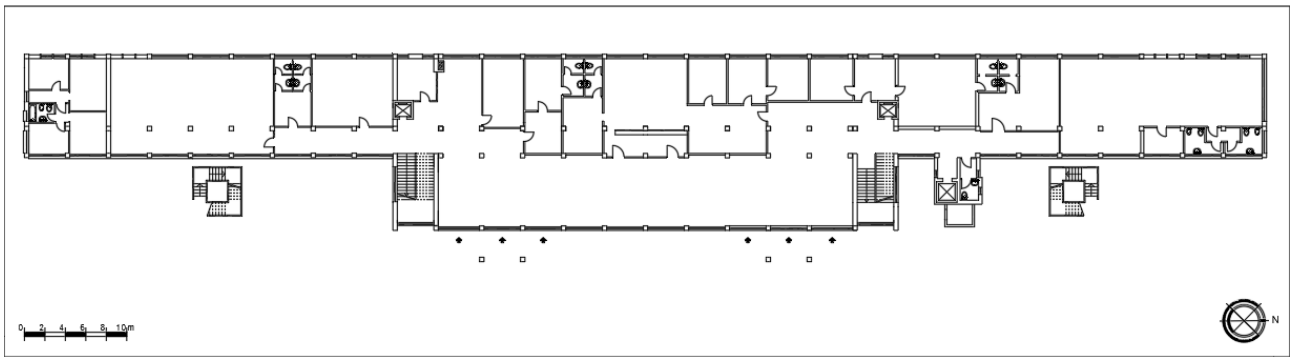

Figura 1.4 – Pianta Piano Terra

Figura 1.5 –Immagini Piano Terra

1.2.3 Pianta piano primo, secondo e terzo

Il primo *(Figura 1.6 – 1.9, Allegato C, Tavola 3*), il secondo *(Figura 1.7 - 1.9, Allegato D, Tavola 4*) e il terzo piano (*Figura 1.8 - 1.9, Allegato E, Tavola 5*) sono simili a livello distributivo e si estendono su una superficie di circa 1.300 m^2. Tutti e tre i piani sono conteggiati all'interno della superficie riscaldata, poiché presentano corpi scaldanti.
Questi sono accessibili attraverso due corpi scala, che servono le aule attraverso un corridoio centrale, di fronte ai corpi scala sono posizionati i due blocchi dei servizi.
Inoltre sono caratterizzati da un blocco centrale, e da due ale rivolte al lato Nord e Sud.
Il primo piano è caratterizzato dalla presenza di un laboratorio di informatica, situato nell'ala Sud, e un altro di topografia situato nell'ala Nord, e da aule di dimensioni similari.
Il secondo piano è caratterizzato dalla presenza di un'aula di disegno, situata nell'ala Sud, un'aula di costruzioni, situata nell'ala Nord, un laboratorio di chimica con annesso magazzino, situato nel blocco centrale e da aule di dimensioni similari.
Il terzo piano è caratterizzato dalla presenza di un laboratorio di scienze con annesso magazzino, situato nell'ala Sud, un laboratorio di fisica, situato nell'ala Nord, due laboratori di informatica e un laboratorio di fotografia, situati nel blocco centrale e da aule di dimensioni similari.
Mentre le aule hanno dimensioni di circa 50 m^2, i laboratori presentano dimensioni maggiori, da 70 a 144 m^2.

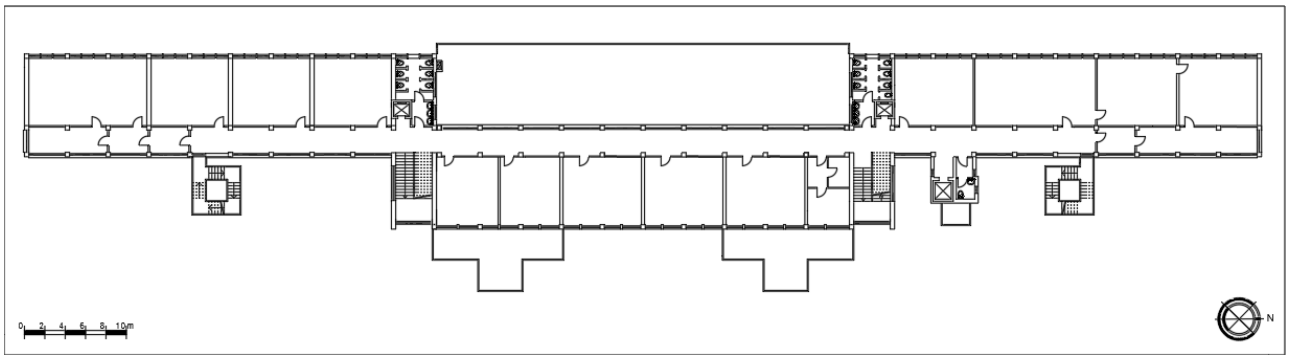

Figura 1.6 – Pianta Piano Primo

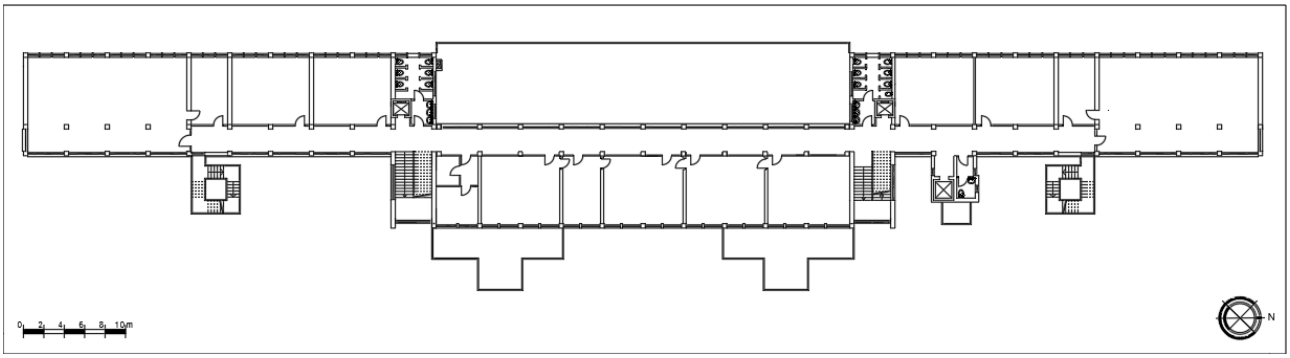

Figura 1.7 – Pianta Piano Secondo

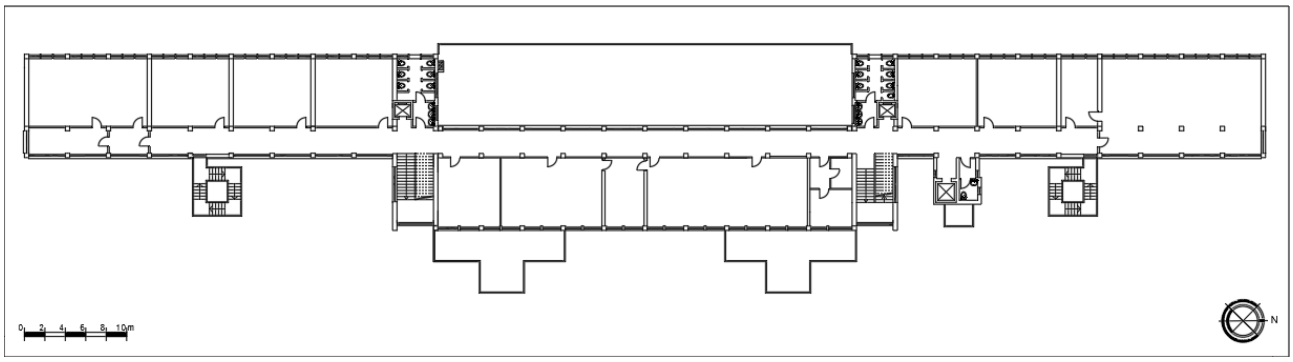

Figura 1.8 – Pianta Piano Terzo

Figura 1.9 – Immagini Piano Tipo

1.2.4 Pianta piano quarto

Il quarto piano (*Figura 1.10 – 1.11, Allegato F, Tavola 6*) si estende su una superficie di circa 600 m^2, ed è conteggiato all'interno della superficie riscaldata, poiché presenta corpi scaldanti. Questo è caratterizzato dalla presenza del solo corpo centrale contenente 5 aule, un numero minore rispetto a quello delle aule presenti nei piani inferiori.

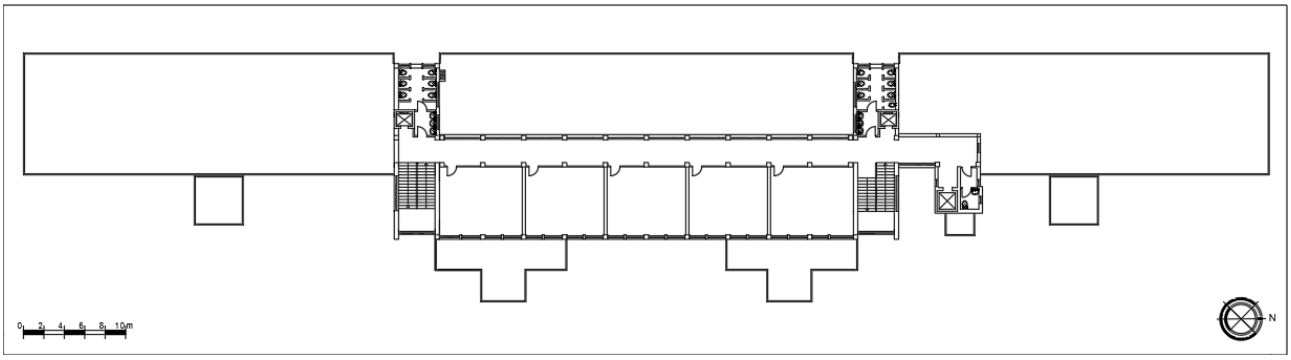

Figura 1.10 – Pianta Piano Quarto

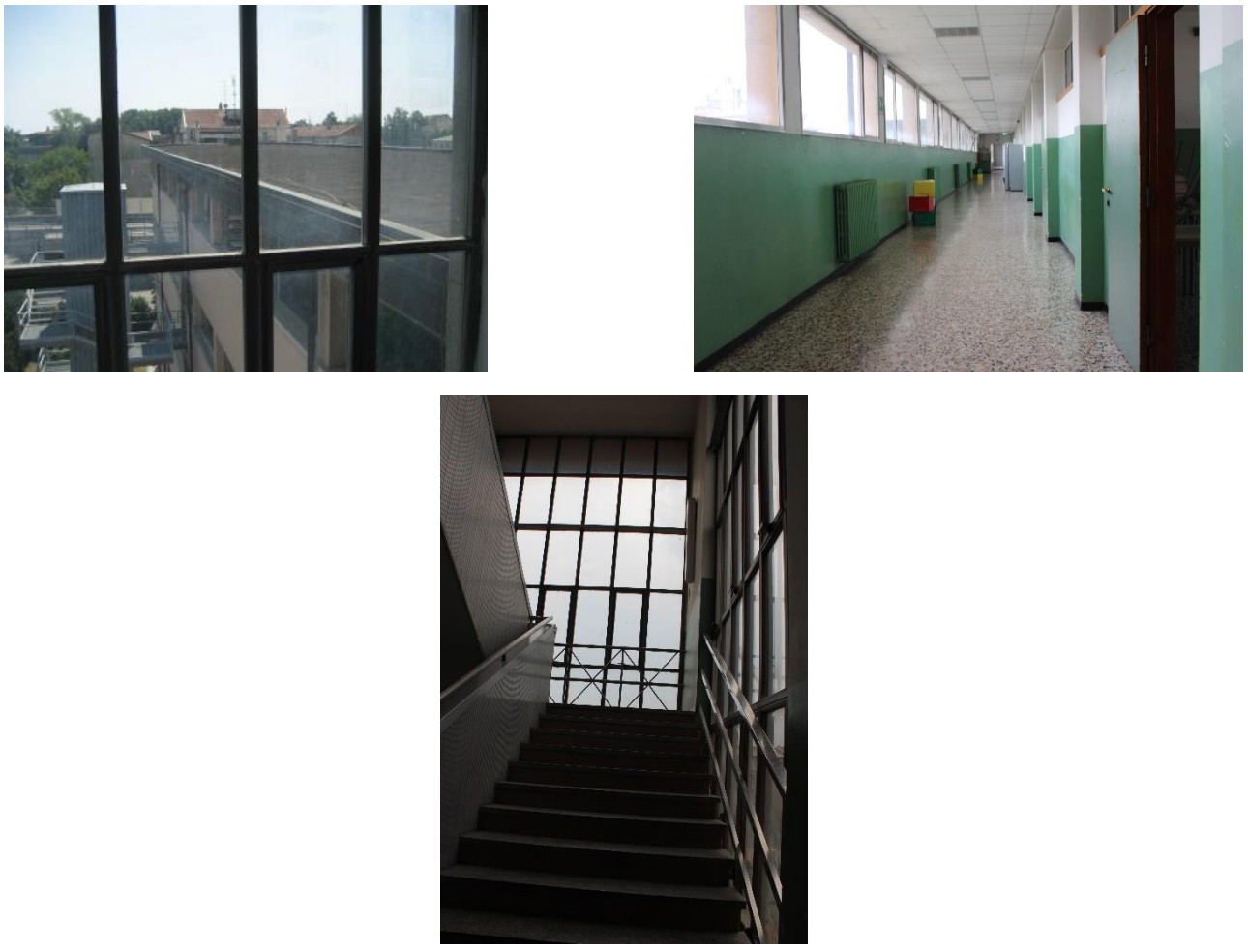

Figura 1.11 – Immagini Piano Quarto

1.2.5 Pianta della copertura

La pianta della copertura (*Figura 1.12, Allegato G, Tavola 7*) si estende su una superficie di circa 1.800 m^2.
Questa è caratterizzata da una copertura piana, che presenta diverse altezze: il blocco centrale con un'altezza di 20,3m e le due ale laterali con un'altezza di 16,4m.

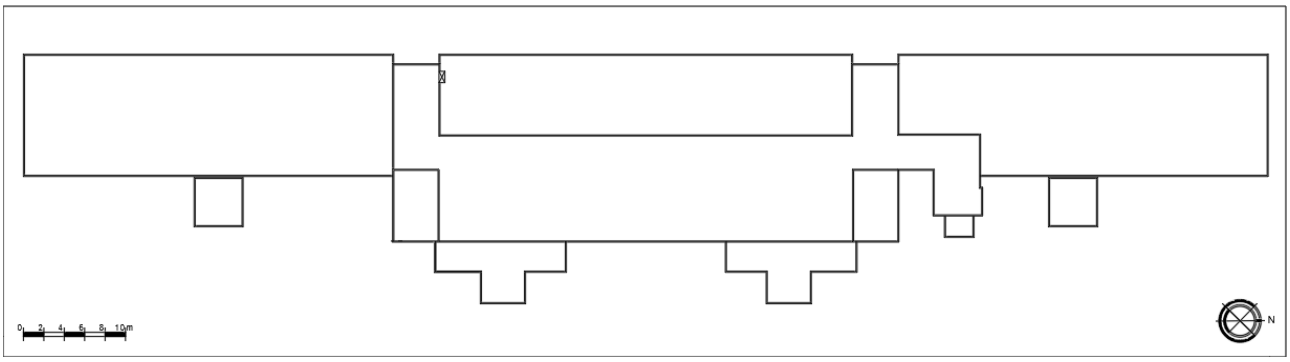

Figura 1.12 –Pianta della Copertura

1.3 Involucro opaco e trasparente

1.3.1 Manufatto architettonico

L'edifico è caratterizzato da facciate modulari, anche se molto diverse tra loro, il prospetto Est (*Figura 1.13, Allegato H, Tavola 8*) presenta un'enorme quantità di superficie disperdente trasparente, mentre quelle a Ovest (*Figura 1.14, Allegato H, Tavola 8)*, Sud (*Figura 1.15 – 1.17, Allegato I, Tavola 9*) e Nord (*Figura 1.16 – 1.17, Allegato I, Tavola 9*) si presentano più chiuse.

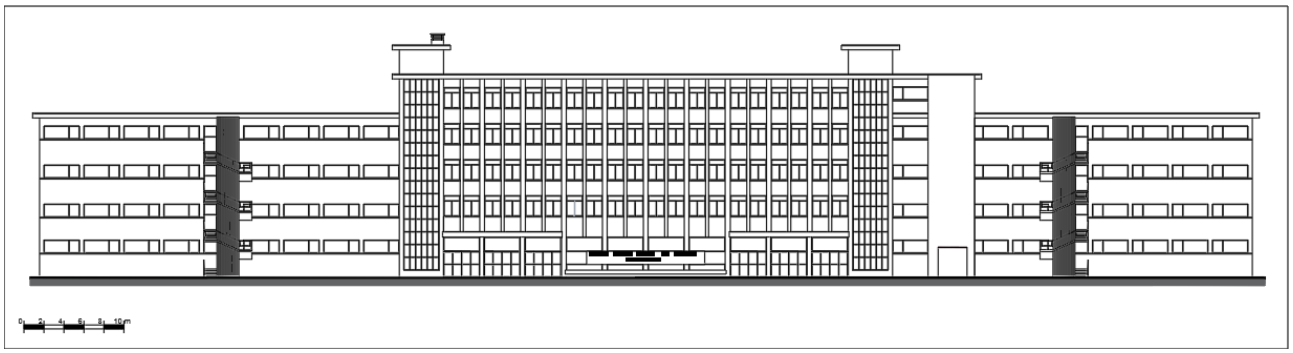

Figura 1 .13 –Prospetto Est

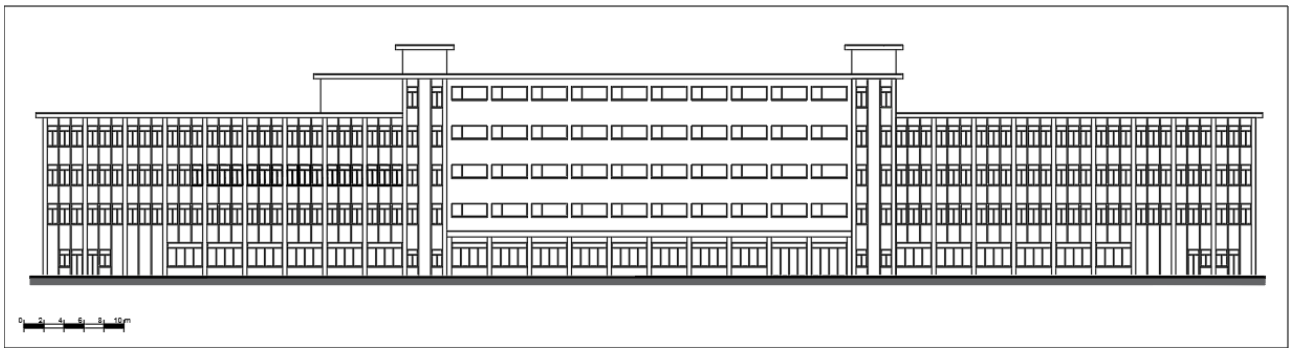

Figura 1.14 – Prospetto Ovest

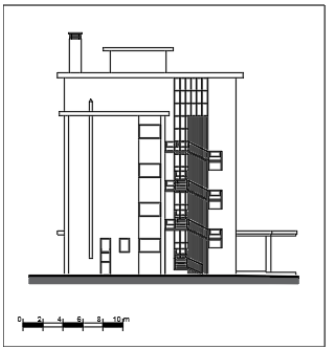

Figura 1.15 – Prospetto Sud

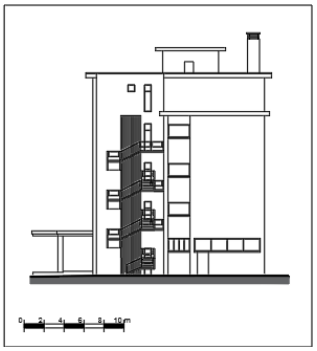

Figura 1.16 –Prospetto Nord

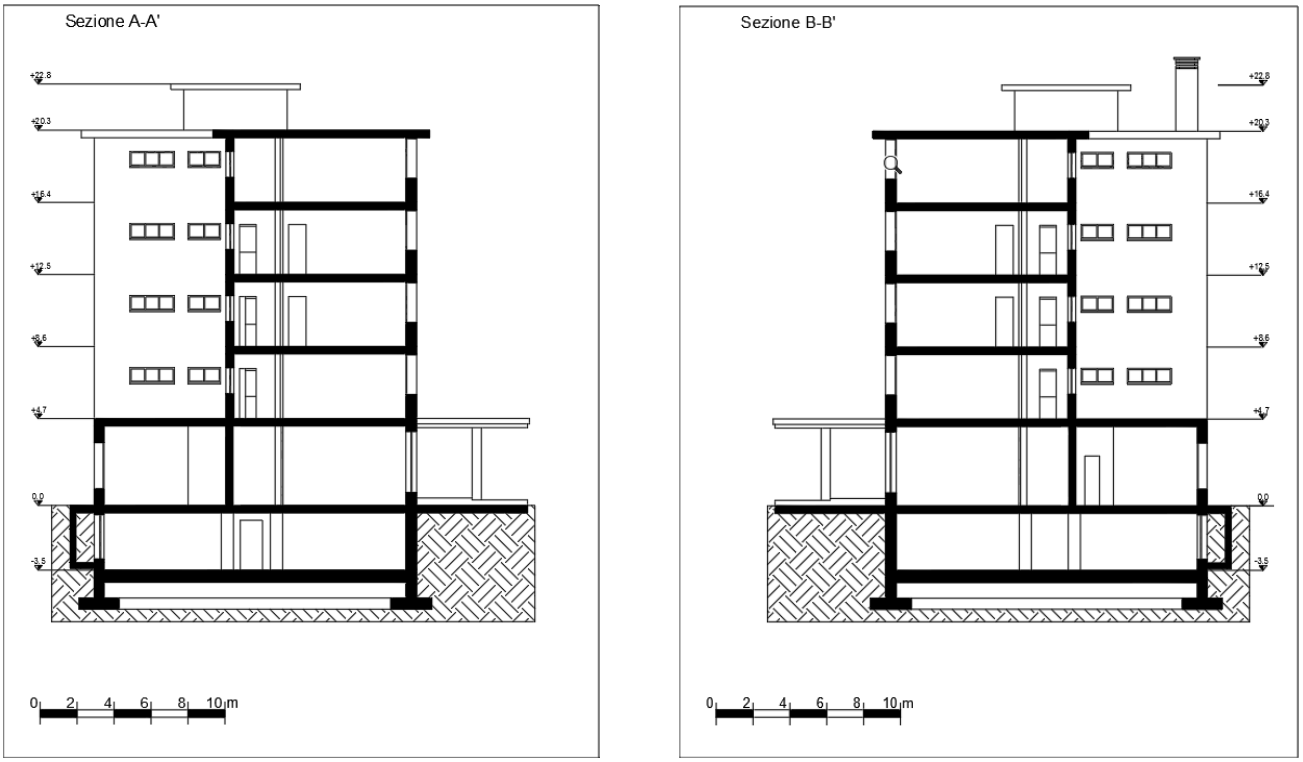

Figura 1.17 –Sezione Edificio (Allegato L, Tavola 10)

1.3.2 Soluzioni costruttive

Le stratigrafie delle tipologie costruttive sono state ricavate dall'osservazione diretta nel corso dei sopralluoghi e dalle planimetrie in formato digitale fornite dagli Uffici tecnici della Provincia.
All'interno dell'edificio sono state individuate le seguenti partizioni orizzontali:

1. **S1** (*Figura 1.18, Tabella 1.2, Allegato M*)
   Solaio contro terra:

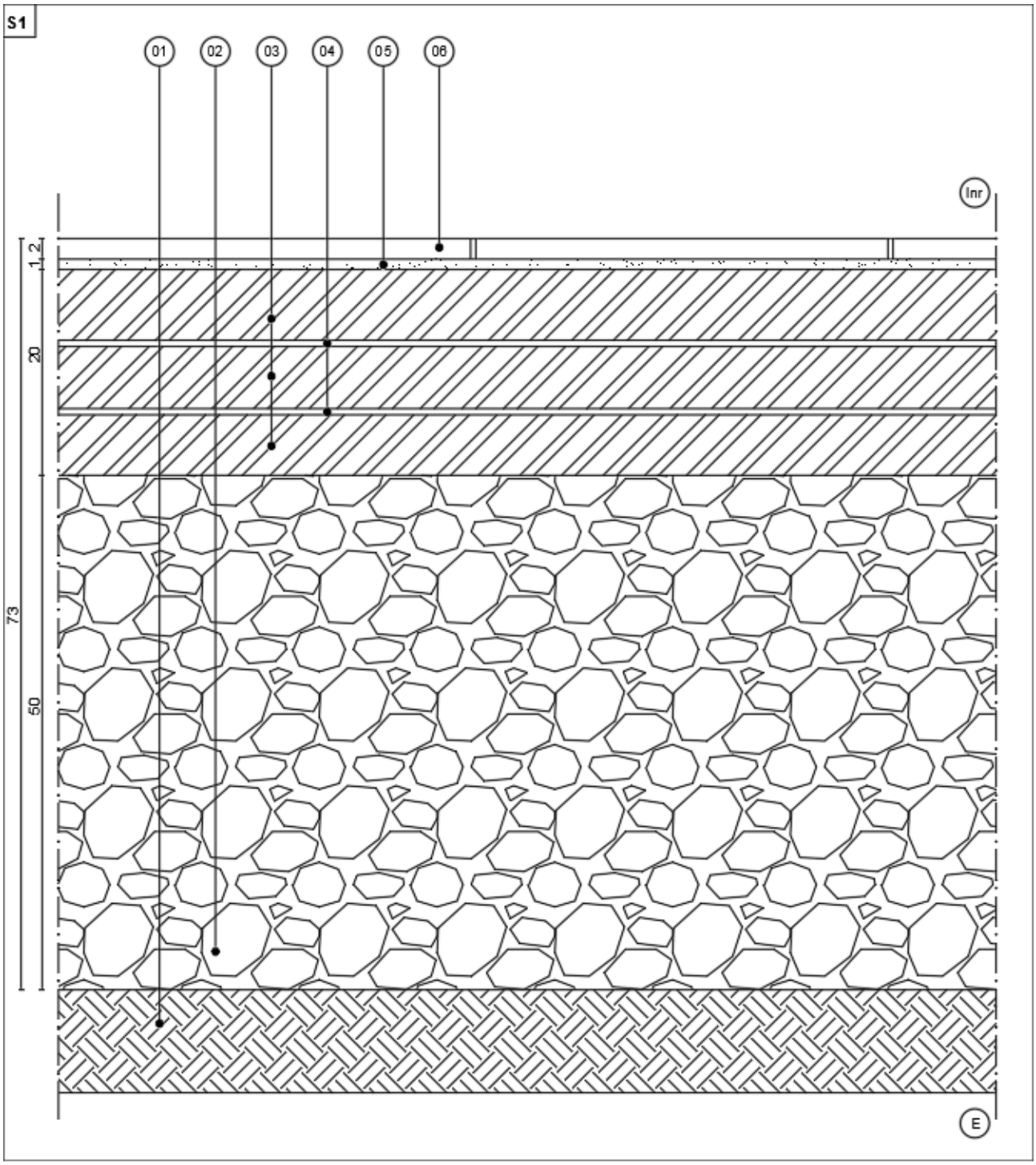

Figura 1.18 – Stratigrafia della Partizione Orizzontale S1

Tabella 1.2 – Descrizione Partizione Orizzontale S1

STRATIGRAFIA PARTIZIONE ORIZZONTALE S1			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Strato di posa	Terreno di fondazione	-
2	Strato di posa	Ghiaia	50
3	Solaio	Cls	20
4	Armatura	Rete metallica elettrosaldata	0,6
5	Strato di allettamento	Malta di allettamento	1
6	Rivestimento/piastrella	Graniglia di cemento	2
Spessore Totale [cm]			73
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			1,179

2. **S2** (*Figura 1.19, Tabella 1.3, Allegato N*)
   Solaio interpiano:

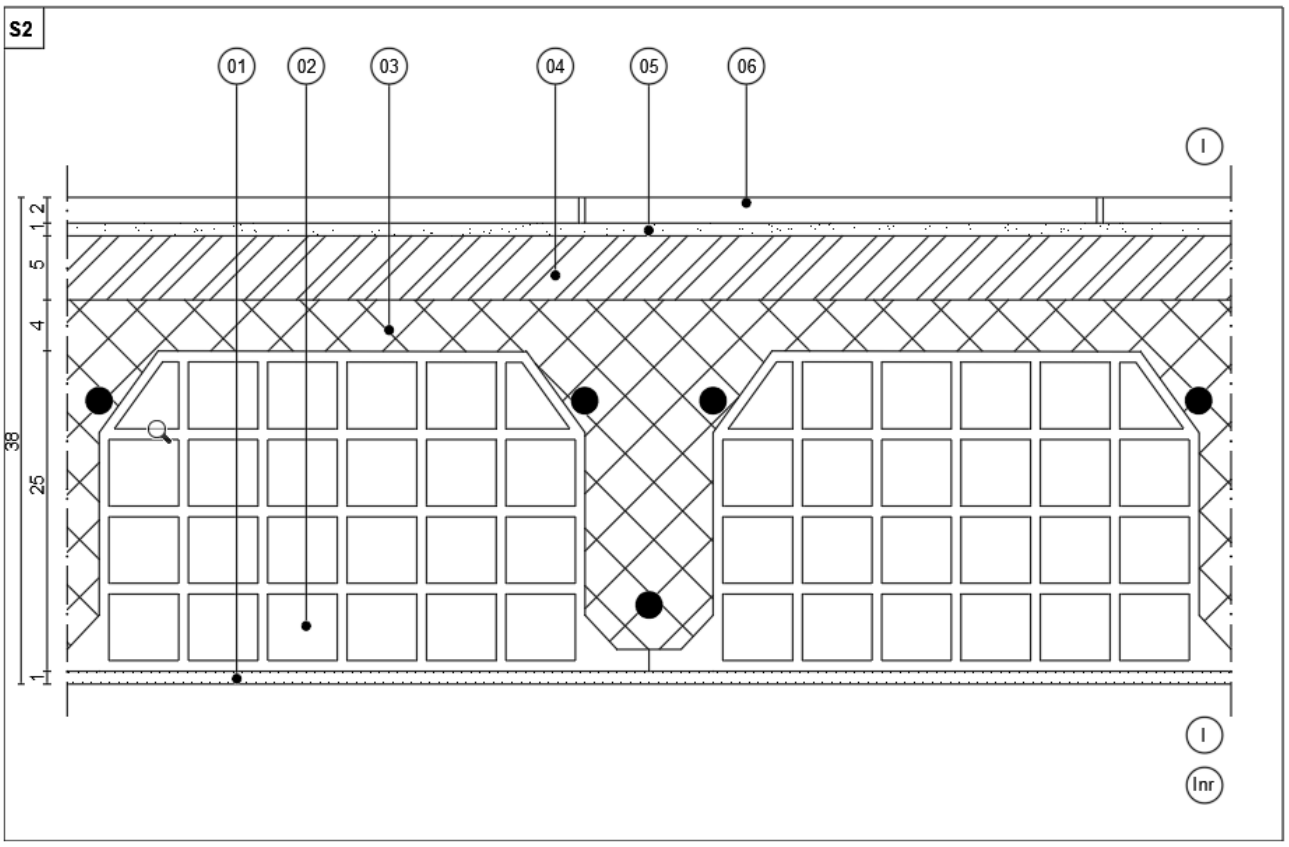

Figura 1.19 – Stratigrafia della Partizione Orizzontale

Tabella 1.3 - Descrizione della Partizione Orizzontale S2

STRATIGRAFIA PARTIZIONE ORIZZONTALE S2			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1
2	Strato di alleggerimento Pignatte	Laterizio alveolato	25x38x25
3	Soletta	Cemento Armato	4
4	Massetto	Cls	5
5	Strato di allettamento	Malta di allettamento	1
6	Rivestimento/piastrella	Graniglia di cemento	2
Spessore Totale [cm]			38
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			1,197

3. **S3** (*Figura 1.20, Tabella 1.4, Allegato N*)
   Solaio della copertura:

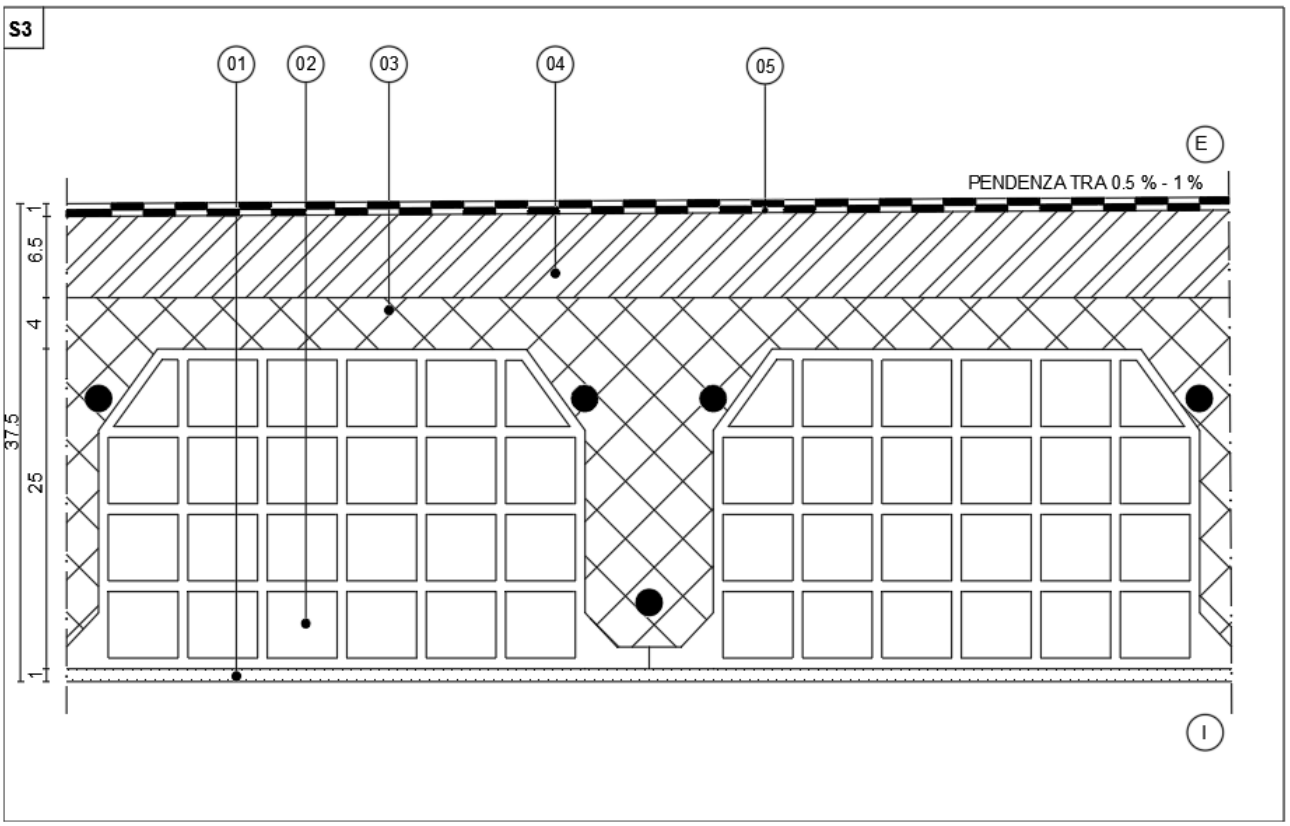

Figura 1.20 - Stratigrafia della Partizione Orizzontale S3

Tabella 1.4 - Descrizione della Partizione Orizzontale S3

STRATIGRAFIA PARTIZIONE ORIZZONTALE S3			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1
2	Strato di alleggerimento Pignatte	Laterizio alveolato	25x38x25
3	Soletta	Cemento Armato	4
4	Massetto di pendenza	Cls	6,5
5	Strato di impermeabilizzazione	Membrana bituminosa	1
Spessore Totale [cm]			37,5
Trasmittanza U [W/m²K]			1,084

Inoltre sono state individuate le seguenti partizioni verticali:

1. **M1**(*Figura 1.21, Tabella 1.5, Allegato O*)
   Parete divisoria ambiente esterno – interno:

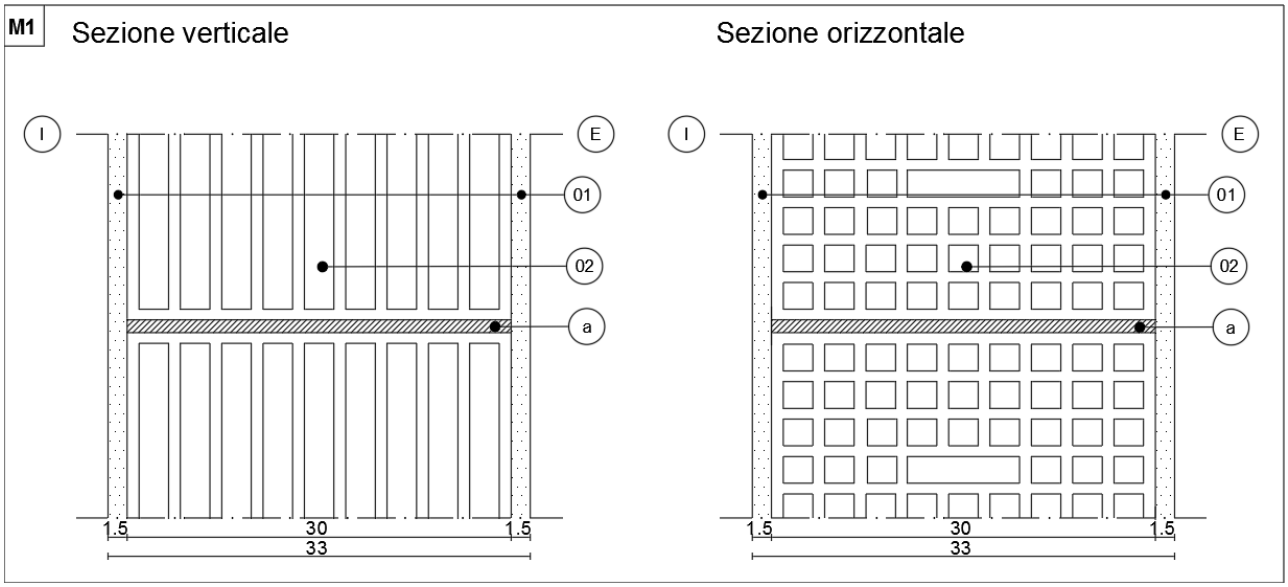

Figura 1.21 - Stratigrafia della Partizione Verticale M1

Tabella 1.5 – Descrizione della Partizione Verticale M1

STRATIGRAFIA PARTIZIONE VERTICALE M1			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1,5
2	Strato di alleggerimento Mattoni forati	Laterizio alveolato	30x25x25
a	Collegamento	Malta cementizia	-
Spessore Totale [cm]			33
Trasmittanza U [W/m²K]			0,932

2. **M2**(*Figura 1.22, Tabella 1.6, Allegato O*)
   Parete divisoria ambiente interno o esterno – vano ascensore:

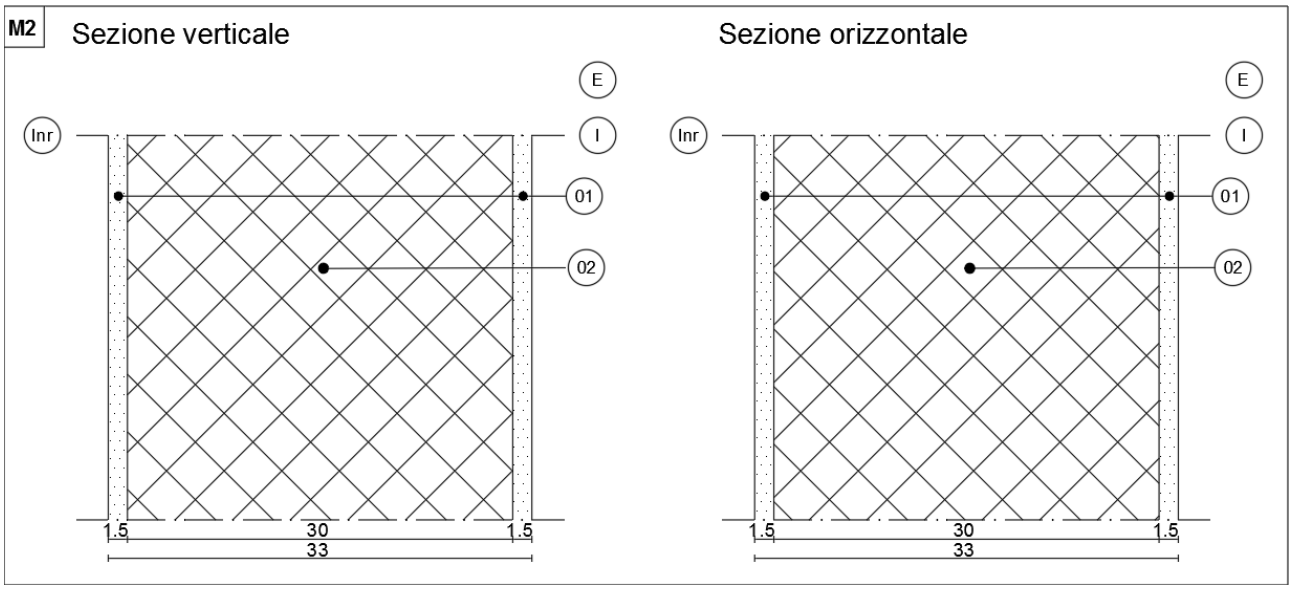

Figura 1.22 – Stratigrafia della Partizione Verticale M2

Tabella 1.6 - Descrizione della Partizione Verticale M2

STRATIGRAFIA PARTIZIONE VERTICALE M2			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1,5
2	Strato di supporto	Cemento Armato	30
Spessore Totale [cm]			33
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			1,768

3. **M3** (*Figura 1.23, Tabella 1.7, Allegato O*)
   Parete divisoria ambiente interno – ambiente interno:

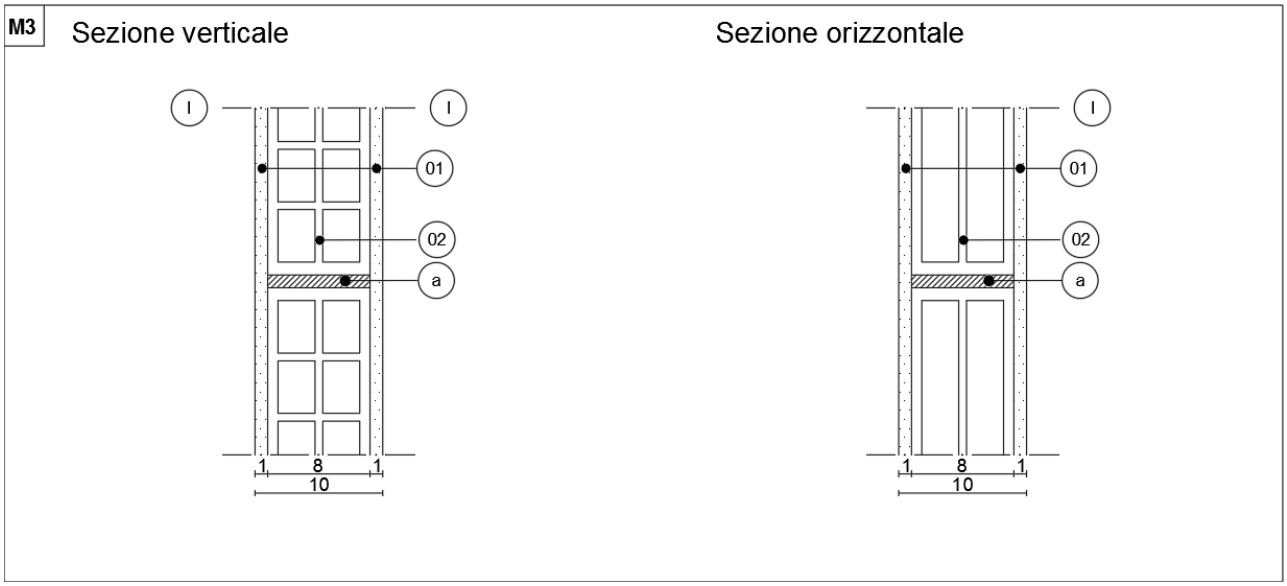

Figura 1.23 – Stratigrafia della Partizione Verticale M3

Tabella 1.7 – Descrizione della Partizione Verticale M3

STRATIGRAFIA PARTIZIONE VERTICALE M3			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1
2	Strato di alleggerimento Mattoni forati	Laterizio alveolato	8x25x25
a	Collegamento	Malta cementizia	-
Spessore Totale [cm]			10
Trasmittanza U [W/m²K]			-

4. **M4**(*Figura 1.24, Tabella 1.8, Allegato P*)
   Parete divisoria ambiente esterno – locale bagno:

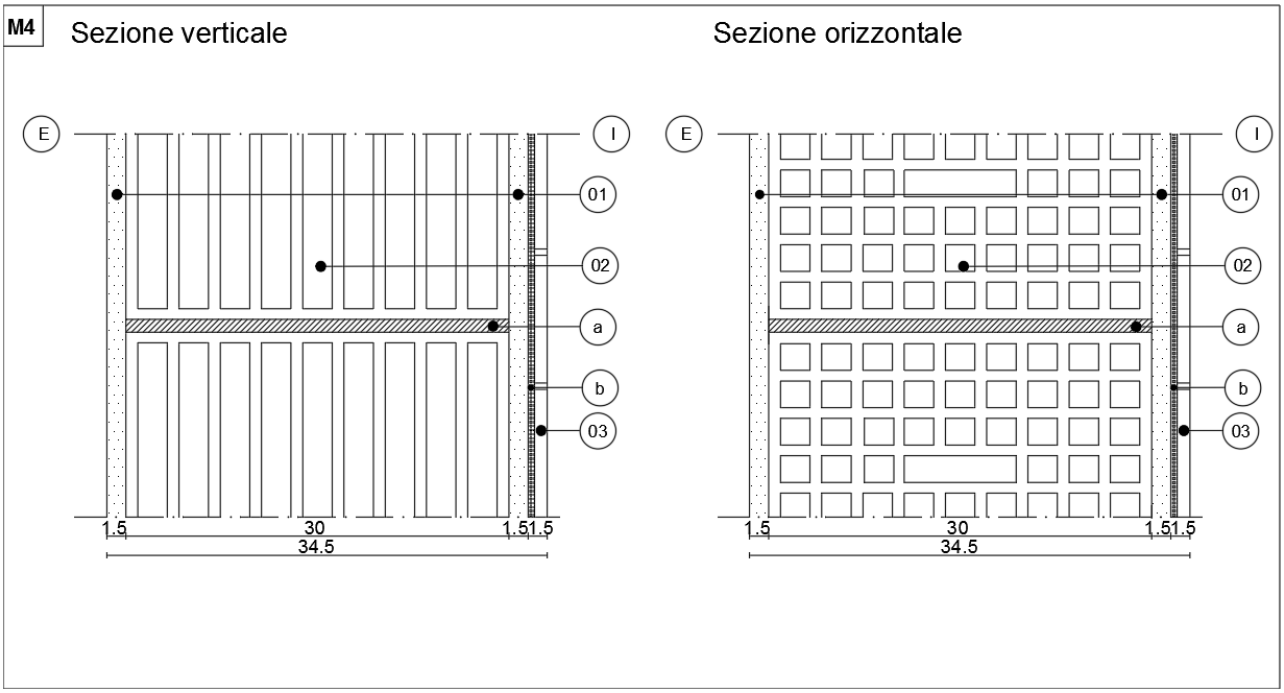

Figura 1.24 – Stratigrafia della Partizione Verticale M4

Tabella1.8 – Descrizione della Partizione Verticale M4

STRATIGRAFIA PARTIZIONE VERTICALE M4			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1,5
2	Strato di alleggerimento Mattoni forati	Laterizio alveolato	30x25x25
3	Rivestimento	Gres porcellanato	1
a	Collegamento	Malta cementizia	-
3	Strato di posa	Collante edile	-
Spessore Totale [cm]			34,5
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			0,922

5. **M5** (*Figura 1.25, Tabella 1.9, Allegato P*)
   Parete divisoria ambiente interno – locale bagno:

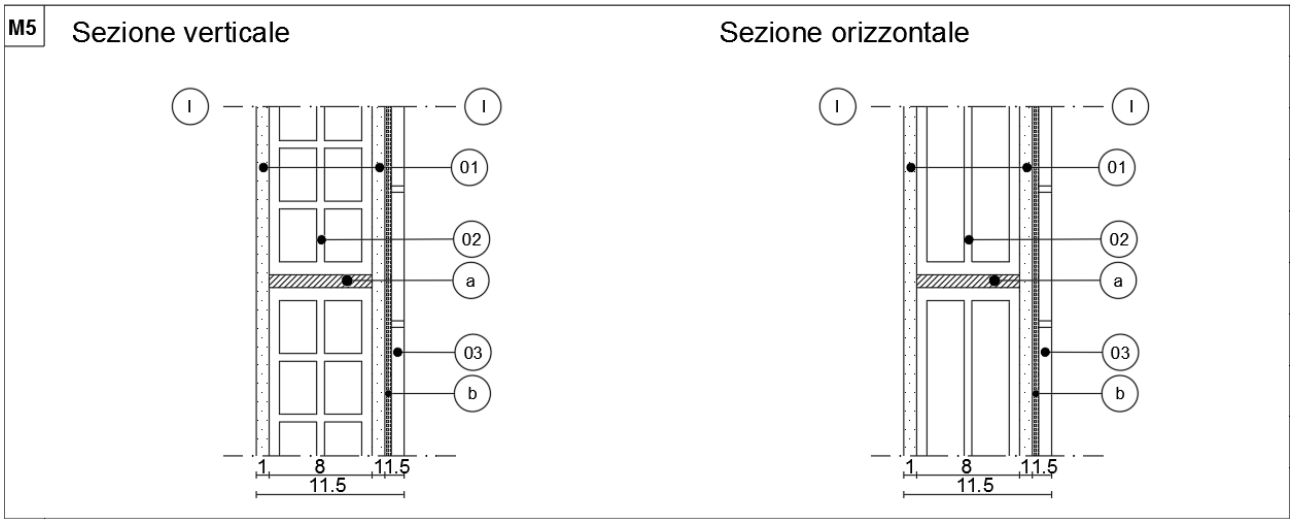

Figura 1.25 – Stratigrafia della Partizione Verticale M5

Tabella 1.9 – Descrizione della Partizione Verticale M5

STRATIGRAFIA PARTIZIONE VERTICALE M5			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1
2	Strato di alleggerimento Mattoni forati	Laterizio alveolato	8x25x25
3	Rivestimento/piastrella	Gres porcellanato	1
a	Collegamento	Malta Cementizia	-
b	Strato di posa	Collante edile	-
Spessore Totale [cm]			11,5
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			-

6. **M6** (*Figura 1.26, Tabella 1.10, Allegato P*)
   Parete divisoria locale bagno – locale bagno:

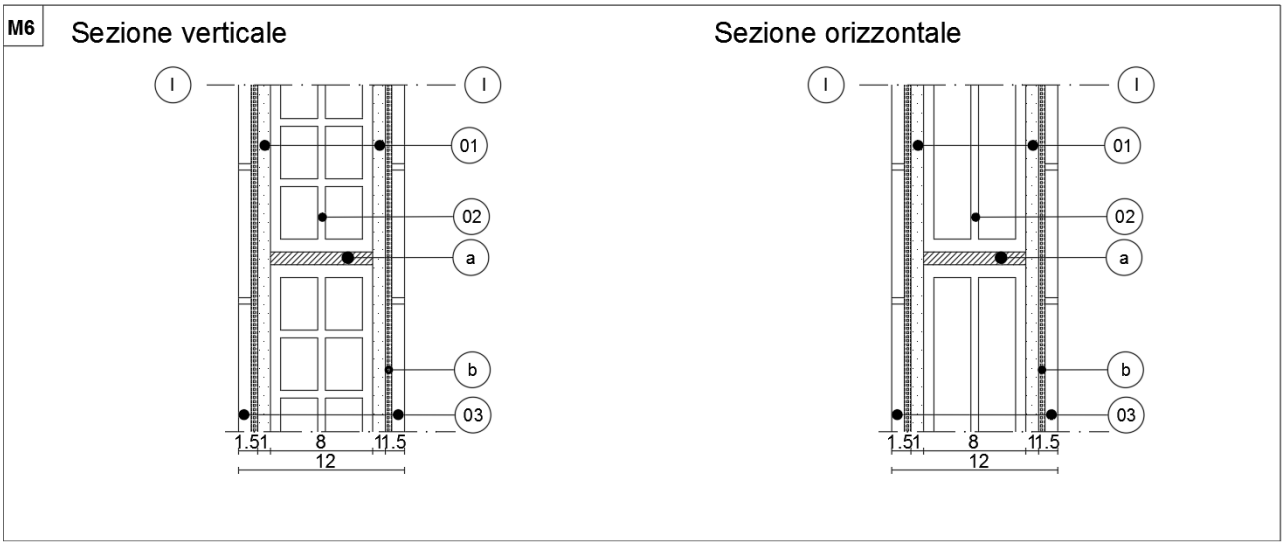

Figura 1.26 – Stratigrafia della Partizione Verticale M6

Tabella 1.10 – Descrizione della Partizione Verticale M6

STRATIGRAFIA PARTIZIONE VERTICALE M6			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1
2	Strato di alleggerimento Mattoni forati	Laterizio alveolato	8x25x25
3	Rivestimento/piastrella	Gres porcellanato	1
a	Collegamento	Malta Cementizia	-
b	Strato di posa	Collante edile	-
Spessore Totale [cm]			12
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			-

La trasmittanza termica sia delle partizioni verticali che orizzontali sono state calcolate rispettando la normativa di riferimento:

"*La trasmittanza termica rappresenta il flusso di calore [W/ m²K] che passa attraverso una struttura di 1 m² di superficie e con una differenza di temperatura tra i lati della struttura pari ad 1K, calcolata nel seguente modo:*

$$\boldsymbol{U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^{n_1} \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n_2} R_j + \frac{1}{h_e}}}$$

Dove:

- $\boldsymbol{R_{si}}(\frac{1}{h_i})$ *e* $\boldsymbol{R_{se}}$ $(\frac{1}{h_e})$ *[m²K /W]: le resistenze termiche superficiali (Tabella 1.11), rispettivamente interna ed esterna;*

Tabella 1.11 – Valori delle resistenze superficiali

		Direzione del flusso termico		
		Ascendente	Orizzontale	Discendente
Resistenze superficiali	R_{si}	0,10	0,13	0,17
	R_{se}	0,04	0,04	0,04

- $\sum_{j=1}^{n_1} \frac{d_j}{\lambda_j}$ *[m²K /W]: resistenza termica di strati omogenei, calcolata come rapporto tra lo spessore dello strato del componente (d) e conducibilità termica utile (λ ripresa da valori tabulati UNI 10351);*
- $\sum_{j=1}^{n_2} \boldsymbol{R_j}$*[m²K /W]: resistenza termica di intercapedini d'aria. "*[1]

[1] UNI EN ISO 6946:2008

1.3.3 Serramenti

I serramenti installati all'interno dell'edificio sono in alluminio con vetro doppio, e caratterizzati da telaio senza taglio termico.
Questi vengono riportati in seguito, definendo dimensione forma e trasmittanza termica *(Tabella 1.12-1.13, Allegati Q R S*).

Tabella 1.12 – Classificazione delle Finestre

FINESTRE	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m^2]	Perimetro [m]	Uw [W/m^2K] UNI EN ISO 10077-1:2007
F1 (FINESTRA)	3,6	1,4	5,04	10	3,67
F2 (SCALA)	3,6	4	14,4	15,2	3,29
F3 (FINESTRA)	3,6	3,3	11,88	13,8	3,30
F4(SCALA)	3,6	3,9	14,04	15	3,60
F5 (FINESTRA)	1,6	2,15	3,44	7,5	3,77
F6 (SCALA)	3,6	3,4	12,24	14	3,69
F7 (FINESTRA)	1,1	1,8	1,98	5,8	4,14
F8 (FINESTRA)	3,6	2,5	9	12,2	3,71
F9 (FINESTRA)	1,1	2,15	2,365	6,5	4,08
F10 (FINESTRA)	1	1,4	1,4	4,8	3,83
F11 (FINESTRA)	2,2	1,4	3,08	7,2	3,58
F12 (SCALA)	3,4	4	13,6	14,8	3,28
F13 (SCALA)	3,4	3,9	13,26	14,6	3,72
F14 (FINESTRA)	0,7	2,7	1,89	6,8	3,75
F15 (FINESTRA)	2,6	0,8	2,08	6,8	4,14
F16 (FINESTRA)	1,6	0,8	1,28	4,8	3,85
F17 (SCALA)	3,4	3,4	11,56	13,6	3,70
F18 (FINESTRA)	6,6	1,4	9,24	16	3,73
F19 (FINESTRA)	0,7	0,7	0,49	2,8	4,06

Tabella 1.13 – Classificazione delle Porte

PORTE-FINESTRE	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m^2]	Perimetro [m]	Uw [W/m^2K] UNI EN ISO 10077-1:2007
P1	3,6	4	14,4	15,2	3,51
P2	3,6	3,4	12,24	14	3,58
P3	1,1	2,7	2,97	7,6	3,80
P4	1	3,7	3,7	9,4	3,80
P5	0,7	2,7	1,89	6,8	3,80
P6	1,1	2,3	2,53	6,8	5,9
P7	1,3	2,6	3,38	7,8	3,55

La trasmittanza termica delle chiusure trasparenti sono è stata calcolata rispettando la normativa di riferimento:

"Trasmittanza termica Uw [W/m^{2}K] è il flusso termico che, in condizioni stazionarie, attraversa una superficie di area unitaria per differenza di temperatura unitaria tra ambiente interno ed ambiente esterno.

Dipende da:

1) *Trasmittanza del componente trasparente;*
2) *Trasmittanza del telaio.*

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \psi_g}{A_g + A_f}$$

Dove:

- U_g *[W/m^{2}K]: trasmittanza termica del componente trasparente, posto pari a 3, in quanto è un vetro doppio normale;*
- A_g *[m^2]: area del componente trasparente;*
- U_f *[W/m^{2}K]: trasmittanza termica del telaio, posta pari a 5.9, in quanto è un telaio senza taglio termico;*
- A_f *[m^2]: area del telaio;*
- I_g *[m]: perimetro totale della vetrata;*
- ψ_g *[W/m K]: trasmittanza termica lineare, posto paria a 0.06 (da considerare solo in caso di vetro multistrato, dovuta al distanziatore posto tra i due vetri in corrispondenza del telaio)."*[2]

[2] UNI EN ISO 10077-1:2007

1.3.4 Prospetti

La realizzazione dei prospetti ha reso possibile quantificare la superficie disperdente opaca e trasparente, infatti per ognuno sono state individuate le tipologie e il numero di serramenti presenti.

1.3.4.1 Prospetto Est

Il prospetto Est (*Figura 1.27, Tabella 1.14 – 1.15, Allegato H, Tavola 8*) è il prospetto principale in quanto presenta gli ingressi principali dell'edificio, e differisce dagli altri prospetti per la presenza notevole di superficie vetrata.

Figura 1.27 – Prospetto Est

Tabella 1.14 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Est

PROSPETO	PIANO	TIPOLOGIA FINESTRA	AREA FINESTRA [m^2]	NUMERO FINESTRE	AREA FINESTRA X NUMERO FINESTRA [m^2]	TIPOLOGIA PORTA	AREA PORTA [m^2]	NUMERO PORTE	AREA PORTA X NUMERO PORTE [m^2]
EST	TERRA	F1	5,04	17	85,68	P1	14,4	6	86,4
		F2	14,4	2	28,8				
		F3	11,88	4	47,52				
						TOTALE AREA FINESTRE [m^2]	**162**	**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**248,4**
						TOTALE AREA PORTE [m^2]	**86,4**		
	I° II° III°	F1	5,04	15	75,6	P7	3,38	2	6,76
		F4	14,04	2	28,08				
		F5	3,44	20	68,8				
						TOTALE AREA FINESTRE [m^2]	**517,44**	**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**537,72**
						TOTALE AREA PORTE [m^2]	**20,28**		
	IV°	F1	5,04	1	5,04				
		F5	3,44	20	68,8				
		F6	12,24	2	24,48	**TOTALE AREA FINESTRE [m^2]**	**98,32**	**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**98,32**
TOTALE AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]						**884,44**			

Tabella 1.15 - Calcolo involucro Opaco Prospetto Est

PROSPETTO	PIANO	PERIMETRO [m]	ALTEZZA [m]	AREA TOT PROSPETTO (T+O) [m^2]	AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]	AREA INVOLUCRO OPACO [m^2]
EST	TERRA	121,4	4,7	570,58	248,4	322,18
	I° II° III°	121,4	3,9	1.420,38	537,72	882,66
	IV°	57,6	3,9	224,64	98,32	126,32
			TOTALE [m^2]	**2.215,6**	**884,44**	**1.331,16**

1.3.4.2 Prospetto Ovest

Il prospetto Ovest (*Figura 1.28, Tabella 1.16 – 1.17, Allegato H, Tavola 8*) è uno dei prospetti secondari, e presenta meno superficie vetrata rispetto al prospetto Est.

Figura 1.28 - Prospetto Ovest

Tabella 1.16 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Ovest

PROSPETTO	PIANO	TIPOLOGIA FINESTRA	AREA FINESTRA [m^2]	NUMERO FINESTRE	AREA FINESTRA X NUMERO FINESTRA [m^2]	TIPOLOGIA PORTA	AREA PORTA [m^2]	NUMERO PORTE	AREA PORTA X NUMERO PORTE [m^2]
OVEST	TERRA	F7	1,98	8	15,84	P2	12,24	2	24,48
		F8	9	20	180	P3	2,97	4	11,88
						TOTALE AREA FINESTRE [m^2]	195,84	TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]	232,2
						TOTALE AREA PORTE [m^2]	36,36		
	I° II° III°	F1	5,04	10	50,4			TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]	562,71
		F9	2,.365	58	137,17	TOTALE AREA FINESTRE [m^2]	562,71		
	IV°	F1	5,04	10	50,4			TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]	59,86
		F9	2,365	4	9,46	TOTALE AREA FINESTRE [m^2]	59,86		
TOTALE AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]						854,77			

Tabella 1.17 – Calcolo involucro opaco Prospetto Ovest

PROSPETTO	PIANO	PERIMETRO [m]	ALTEZZA [m]	AREA TOT PROSPETTO (T+O) [m^2]	AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]	AREA INVOLUCRO OPACO [m^2]
OVEST	TERRA	121,4	4,7	570,58	232,2	338,38
	I° II° III°	121,4	3,9	1.420,38	562,71	857,67
	IV°	57,4	3,9	223,86	59,86	164
			TOTALE [m^2]	**2.214,82**	**854,77**	**1.360,05**

1.3.4.3 Prospetto Sud

Il prospetto sud (*Figura 1.29, Tabella 1.18 – 1.19, Allegato I, Tavola 9)* è caratterizzato dalla minor presenza di superficie trasparente.

Figura 1.29 – Prospetto Sud

Tabella 1.18 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Sud

PROSPETTO	PIANO	TIPOLOGIA FINESTRA	AREA FINESTRA [m^2]	NUMERO FINESTRE	AREA FINESTRA X NUMERO FINESTRA [m^2]	TIPOLOGIA PORTA	AREA PORTA [m^2]	NUMERO PORTE	AREA PORTA X NUMERO PORTE [m^2]
SUD	TERRA	F10	1,4	1	1,4	P4	3,7	1	3,7
		F11	3,08	1	3,08	P5	1,89	1	1,89
		F12	13,6	1	13,6				
						TOTALE AREA FINESTRE [m^2]	**18,08**	**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**23,67**
						TOTALE AREA PORTE [m^2]	**5,59**		
	I° II° III°	F11	3,08	1	3,08				
		F13	13,26	1	13,26				
		F14	1,89	1	1,89				
		F15	2,08	1	2,08			**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**64,77**
		F16	1,28	1	1,28	**TOTALE AREA FINESTRE [m^2]**	**64,77**		
	IV°	F14	1,89	1	1,89				
		F15	2,08	1	2,08				
		F16	1,28	1	1,28			**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**16,81**
		F17	11,56	1	11,56	**TOTALE AREA FINESTRE [m^2]**	**16,81**		
TOTALE AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]						**105,25**			

Tabella 1.19 – Calcolo involucro opaco Prospetto Sud

PROSPETTO	PIANO	PERIMETRO [m]	ALTEZZA [m]	AREA TOT PROSPETTO (T+O) [m^2]	AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]	AREA INVOLUCRO OPACO [m^2]
SUD	TERRA	28,58	4,7	134,326	23,67	110,656
	I° II° III°	28,58	3,9	334,386	64,77	269,616
	IV°	28,75	3,9	112,125	16,81	95,315
			TOTALE [m^2]	**580,837**	**105,25**	**475,587**

1.3.4.4 Prospetto Nord

Il prospetto Nord (*Figura 1.30, Tabella 1.20 – 1.21, Allegato I, Tavola 9*) è similare al prospetto sud, in quanto presenta una quantità minore di superficie trasparente e maggiore di quella opaca.

Figura 1.30 – Prospetto Nord

Tabella 1.20 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Nord

PROSPETTO	PIANO	TIPOLOGIA FINESTRA	AREA FINESTRA [m^2]	NUMERO FINESTRE	AREA FINESTRA X NUMERO FINESTRA [m^2]	TIPOLOGIA PORTA	AREA PORTA [m^2]	NUMERO PORTE	AREA PORTA X NUMERO PORTE [m^2]
NORD	TERRA	F11	3,08	1	3,08	P5	1,89	1	1,89
		F12	13,6	1	13,6	P6	2,53	1	2,53
		F18	9,24	1	9,24				
		F19	0,49	1	0,49	**TOTALE AREA FINESTRE [m^2]**	**26,41**	**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**30,83**
						TOTALE AREA PORTE [m^2]	**4,42**		
	I° II° III°	F11	3,08	1	3,08				
		F13	13,26	1	13,26				
		F14	1,89	1	1,89				
		F15	2,08	1	2,08				
		F16	1,28	1	1,28			**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**66,24**
		F19	0,49	1	0,49	**TOTALE AREA FINESTRE [m^2]**	**66,24**		
	IV°	F14	1,89	1	1,89				
		F15	2,08	1	2,08				
		F16	1,28	1	1,28				
		F17	11,56	1	11,56			**TOTALE INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]**	**17,3**
		F19	0,49	1	0,49	**TOTALE AREA FINESTRE [m^2]**	**17,3**		
TOTALE AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]						**114,37**			

Tabella 1.21 – Calcolo involucro opaco Prospetto Nord

PROSPETTO	PIANO	PERIMETRO [m]	ALTEZZA [m]	AREA TOT PROSPETTO(T+O) [m^2]	AREA INVOLUCRO TRASPARENTE [m^2]	AREA INVOLUCRO OPACO [m^2]
NORD	TERRA	28,58	4,7	134,326	30,83	103,496
	I° II° III°	28,58	3,9	334,386	66,24	268,146
	IV°	28,6	3,9	111,54	17,3	94,24
			TOTALE [m^2]	**580,252**	**114,37**	**465,882**

1.4 Impianto termico

L' Istituto Tecnico Statale per Geometri Pierluigi Nervi è fornito di una centrale termica in comune col Liceo Casorati e la sede distaccamento dell'Istituto Tecnico Industriale Statale Omar, adiacenti all'edificio oggetto di studio; essa è costituita da tre caldaie a gas a modulazione e condensazione con una Pu di 2.835 kW complessivi.
L'impianto è in funzione 6 giorni su 7, dalle 7:30 di mattina prima dell'arrivo degli studenti fino alle 18:30 di pomeriggio in cui si concludono i corsi pomeridiani.
I terminali dell'impianto sono 184 e realizzati in ghisa, che si contraddistingue per l'elevata inerzia termica, cioè la capacità di inglobare calore all'interno dell'ambiente e mantenerlo per lungo tempo.

1.4.1 Caldaia a gas

Le caldaie (*Figura 1.31)* presenti all'interno dell'Istituto sono state installate il 1/01/2010 per offrire una soluzione di riscaldamento migliore alla precedente, dato che le caldaie a gas a modulazione hanno sostituito due caldaie a gasolio.
Questa tipologia di caldaia risulta oggi molto utilizzata in sistemi industriali e commerciali, nonché in edilizia pubblica, in quanto garantisce enormi vantaggi economici rispetto ai sistemi di riscaldamento convenzionali, grazie all'utilizzo del calore latente di evaporazione, che è recuperato in gran parte utilizzando opportuni condensatori sul lato fumi.
Esse risultano particolarmente silenziose, modulanti e ad alta efficienza, inoltre grazie al *range* di modulazione e al ridotto contenuto d'acqua le dispersioni termiche risultano notevolmente ridotte.
Grazie alla marca e al modello delle caldaie è stato possibile risalire alla scheda tecnica e acquisire i dati utili (*Figura 1.32)* per effettuare la diagnosi energetica.
Invece l'impianto di acqua calda sanitaria (ACS) è costituito da bollitori elettrici di 80 litri e potenza di 1,2 kW, installati per ogni piano dell'Istituto utili per produrre ACS per i servizi igienici.

Figura 1.31 - Caldaia a gas a modulazione e a condensazione (ELCO – RENDMAZ R 3604)

RENDAMAX® R3600 SB

elco

Dati Tecnici

RENDAMAX® R3600 SB			3600	3601	3602	3603	3604	3605
Potenza termica (80/60° C)	max.	kW	572	639	747	846	945	1043
	min	kW	143	182,8	213,6	242	270,3	298,3
Potenza termica (50/30° C)	max.	kW	601	671	784	888	992	1095
	min.	kW	150	191,9	224,2	254	283,7	313,2
Portata termica	max.	kW	585	653	764	865	966	1066
	min.	kW	146	186,8	218,5	247,4	276,3	304,9
Rendim. utile a pot. termica massima	(80/60° C)	%	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8
	(50/30° C)	%	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7
Rendim. utile al 30% pot. termica massima	(50/30° C)	%	108,4	108,4	108,4	108,4	108,4	108,4
Perdite al camino con bruciatore spento (Tcaldaia=70°C)		%	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Prevalenza residua evacuazione fumi		Pa	150	150	150	150	150	150
Contenuto acqua in caldaia		l	69	73	97	104	110	117
Pressione di esercizio min. / max.		bar	6	6	6	6	6	6
Temperatura massima di esercizio		°C	90	90	90	90	90	90
Produzione massima di acqua di condensa		l/h	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Consumo gas alla portata termica max	Metano G20	stm^3/h	61	68	80	90	100	111
(15°C, 1013 mbar)	GPL (G31)	kg/h	45,7	51	59,7	67,6	75,5	83,3
Press. min./max. gas metano G20		mbar	18/25	18/25	18/25	18/25	18/25	18/25
Press. min./max. gas GPL		mbar	30/50	30/50	30/50	30/50	30/50	30/50
Portata massa fumi a pot. nominale (G20)		g/s	274	306	357	404	451	498
Temperatura fumi alla pot. termica max.		°C	85	85	85	85	85	85
Corrente minima di ionizzazione		µA	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	
Attacco aspirazione aria		mm	250	250	300	300	355	355
Attacco scarico fumi		mm	300	300	350	350	400	400
Attacco mandata - ritorno riscaldamento PN6		DN	65	65	80	80	80	80
Attacco gas		R/Rp	Rp 2"	R 2"	R 2"	R 2"	DN65 PN6	DN65 PN6
Attacco scarico condensa		mm	40	40	40	40	40	40
Valore pH dell'acqua di condensa		pH	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Alimentazione elettrica						400V 3N~, 50Hz		
Potenza eletttrica max assorbita		W	2000	2150	2150	2450	3120	3120
Certificato CE n.						0063AQ3511		
Peso		kg	820	900	1050	1200	1300	1450
Rumorosità a 1m a potenza nominale		dB(A)	64	64	64	64	64	64
Dimensioni	Altezza	mm	1355	1405	1405	1405	1405	1405
	Larghezza	mm	1230	1330	1130	1130	1330	1330
	Profondita'	mm	1958	2265	2653	2653	2658	2658
%CO2 nei fumi secchi (al 100% con Metano)		% vol	10	10	10	10	10	10
Emissioni Nox		mg/kWh	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Rendimento di combustione		%	97,4	97,4	97,4	97,4	97,4	97,4
Classe di Rendimento secondo la direttiva 92/42/CE		Classe				★★★		

Figura 1.32 - Dati tecnici della caldaia a gas a modulazione e a condensazione (ELCO – RENDMAZ R 3604)

1.5 Impianto elettrico

L'impianto elettrico è distribuito unicamente in bassa tensione (BT) a 210 – 220 V, il maggior assorbimento di energia elettrica dell'edificio è dovuto dal sistema di illuminazione, dai *computer*, dai dispositivi per uffici e dai macchinari presenti nei laboratori.
Le lampade impiegate per l'illuminazione sono di tipo fluorescente e consumano circa 36 – 40 W, da ciò risulta che tale impianto è obsoleto, poiché la presenza di lampade a basso consumo energetico consentirebbe un risparmio dall'80% al 93%.
Il rilievo dei corpi illuminanti non è stato svolto in maniera puntuale durante il sopralluogo, ma sono state fatte delle considerazioni partendo dalla normativa [3] per ogni piano dell'edificio *(Tabella 1.22).*

Tabella 1.22 - Calcolo Illuminamento richiesto Em e Potenza elettrica installata (UNI EN 12464-1)

PIANO INTERRATO			
TIPOLIGIA DI INTERNO	Area [m^2]	Em (lx)	Potenza elettrica installata [W]
Depositi	1166	100	
Archivi	120	200	
Scale	24	150	
Corridoio	87	100	
Totale	1397	100	2.328,33
ALLOGGIO CUSTODE			
TIPOLIGIA DI INTERNO	Area [m^2]	Em (lx)	Potenza elettrica installata [W]
Stanza	45	300	
Bagno	4.5	100	
Cucina	12	500	
Corridoio	8.5	100	
Totale	70	300	350
PIANO TERRA			
TIPOLIGIA DI INTERNO	Area [m^2]	Em (lx)	Potenza elettrica installata [W]
Aule	266	300	
Uffici	212	500	
Magazzini/ Ripostigli	30	100	
Bagni	80	100	
Scale	48	150	
Corridoio	198	100	
Atrio	270	200	
Biblioteca	52	500	
Palestra	145	300	
Infermeria	33	300	
Totale	1334	300	6.670
PIANO PRIMO			
TIPOLIGIA DI INTERNO	Area [m^2]	Em (lx)	Potenza elettrica installata [W]
Aule	512	300	
Laboratori	178	500	

[3] UNI EN 12464-1:2011

Magazzini/ Ripostigli	71	100	
Bagni	57	100	
Scale	48	150	
Corridoio	320	100	
Totale	1186	250	4.941,66
PIANO SECONDO			
TIPOLIGIA DI INTERNO	Area [m^2]	Em (lx)	Potenza elettrica installata [W]
Aule	594	300	
Laboratori	102	500	
Magazzini/ Ripostigli	21	100	
Bagni	57	100	
Scale	48	150	
Corridoio	364	100	
Uffici	46	500	
Totale	1186	255	5.040
PIANO TERZO			
TIPOLIGIA DI INTERNO	Area [m^2]	Em (lx)	Potenza elettrica installata [W]
Aule	201	300	
Laboratori	429	500	
Magazzini/ Ripostigli	41	100	
Bagni	57	100	
Scale	48	150	
Corridoio	362	100	
Uffici	48	500	
Totale	1186	300	5.930
PIANO QUARTO			
TIPOLIGIA DI INTERNO	Area [m^2]	Em (lx)	Potenza elettrica installata [W]
Aule	261	300	
Bagni	57	100	
Scale	48	150	
Corridoio	167	100	
Totale	533	200	1.776,66

2. Analisi del contesto

2.1 Studio delle condizioni climatiche di Novara

Le condizioni climatiche standard del territorio di Novara [4] sono riportate nella tabella che segue:

Tabella 2.1 - Dati generali e climatici di Novara

DATI GENERALI E CLIMATICI		
Gradi Giorno	2.463 GG	
Zona climatica	E	
Durata convenzionale del periodo di riscaldamento	180 giorni	
Temperatura esterna di progetto	-5	°C
Temperatura interna di progetto	20	°C
Altitudine sopra il livello del mare	159	m
Umidità relativa	50	%
Latitudine	45°26'Nord	%
Longitudine	8°37'Est	%
Velocità max del vento e direzione prevalente	1,6	m/s Nord
Temperature esterna bulbo asciutto	30,5	°C
Temperature interna bulbo asciutto	22,3	°C
Escursione termica giornaliera	12	°C

Uno dei parametri più significativi dei dati climatici sono i GG, che indicano "*la somma delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura convenzionale (fissata a 20 °C) e la temperatura media esterna giornaliera per la durata della stagione di riscaldamento*. " [5]

Le temperature medie esterne, utilizzate per il calcolo sono state fornite dall'ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte).

E' chiaro che i consumi termici variano al variare delle condizioni climatiche, pertanto l'analisi della variabilità climatica è basilare per ogni valutazione del comportamento energetico di un edificio; infatti ciascuna variazione non riconducibile all'aumento e diminuzione della temperatura esterna è relativa all'uso e alla manutenzione dell'edificio.

[4] Come definite dal D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 e dalle UNI 10349
[5] UNI 10349

2.1.1 Andamento dei gradi giorno

L'andamento dei gradi giorno nelle stagioni di riscaldamento 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 vengono riportati in tabella (*Figura 2.1*, *Tabella 2.2)*, e sono stati calcolati prendendo in considerazione i dati reali di Novara[6].

Tabella 2.2 – Gradi giorno Novara

GRADI GIORNO		
2013/2014	OTTOBRE	84,9
	NOVEMBRE	332,8
	DICEMRE	498,1
	GENNAIO	467,1
	FEBBRAIO	377
	MARZO	268,4
	APRILE	66,2
TOTALE		2.094,5

GRADI GIORNO		
2014/2015	OTTOBRE	91,4
	NOVEMBRE	283,3
	DICEMRE	447,3
	GENNAIO	475,2
	FEBBRAIO	416,4
	MARZO	297,5
	APRILE	90,7
TOTALE		2.101,8

GRADI GIORNO		
2015/2016	OTTOBRE	143,2
	NOVEMBRE	327,3
	DICEMRE	471,8
	GENNAIO	498,6
	FEBBRAIO	384,1
	MARZO	324,7
	APRILE	74,4
TOTALE		2.224,1

GRADI GIORNO		
2016/2017	OTTOBRE	124,9
	NOVEMBRE	349,4
	DICEMRE	497,3
	GENNAIO	558,5
	FEBBRAIO	384,6
	MARZO	238,4
	APRILE	54
TOTALE		2.207,1

GRADI GIORNO		
2017/2018	OTTOBRE	92,7
	NOVEMBRE	352,6
	DICEMRE	526,9
	GENNAIO	447,3
	FEBBRAIO	457,7
	MARZO	390,4
	APRILE	113,5
TOTALE		2.381,1

[6] http://www.arpa.piemonte.it

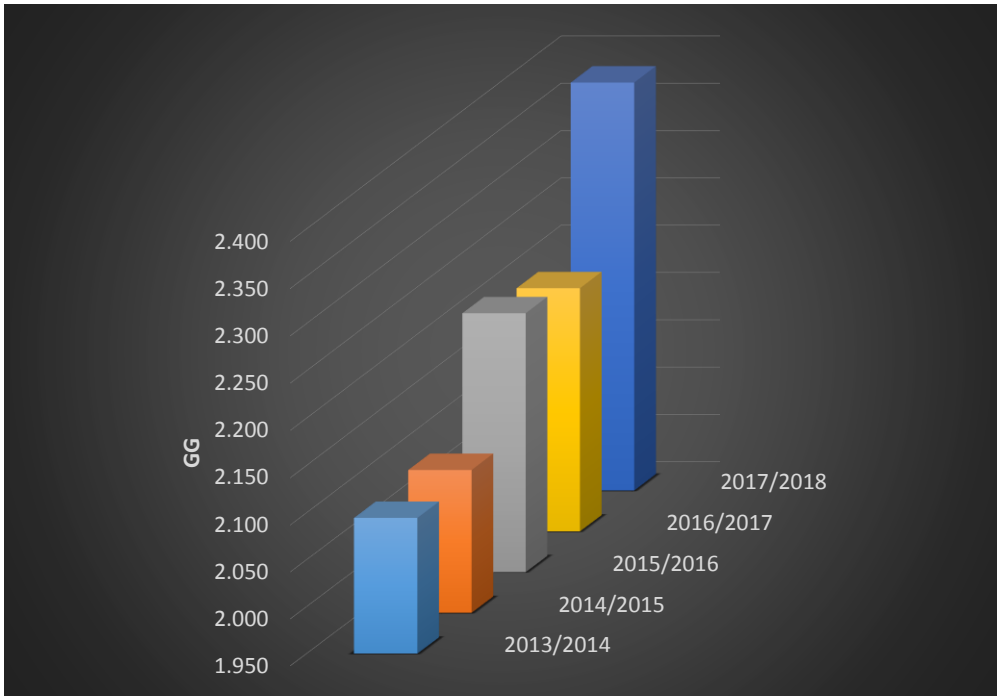

Figura 2.1 – Andamento dei gradi giorno

3. Identificazione delle criticità

Da una prima analisi dell'edificio è stato possibile evidenziare le sue criticità, che sono legate alle caratteristiche termofisiche dei componenti strutturali costituenti l'involucro e alla modalità di gestione e qualità degli impianti tecnici.

3.1 Assenza di isolamento del solaio di copertura

Il solaio di copertura, come le partizioni verticali, presenta valori di trasmittanza elevati (Figura *3.1*, *tabella 3.1, allegato N*) rispetto ai 0,30 W/m^{2}K stabiliti dalla Regione Piemonte [7]; infatti ciò comporta perdite di calore in inverno ed eccessivo riscaldamento in estate, quindi è opportuno prevedere la coibentazione della copertura dall'esterno.
Inoltre è stato possibile notare che al quarto, nonché ultimo, piano il numero degli elementi dei radiatori è maggiorato rispetto a quelli dei piani inferiori, probabilmente poiché le dispersioni di calore attraverso il solaio di copertura sono maggiori rispetto a quelle degli altri piani.

Tabella 3.1 – Trasmittanza del Tetto

PARTIZIONE ORIZZONTALE	Uw [W/m^{2}K] UNI EN ISO 6946:2008
S3	1,084

Figura 3.1 - Tetto

[7] Legge Regione Piemonte 28 maggio 2007, n.13

3.2 Assenza di isolamento delle pareti esterne

In seguito ai diversi rilievi e ai calcoli effettuati è possibile affermare che i valori di trasmittanza delle partizioni verticali *(Figura 3.2, Tabella 3.2, allegato 0 e P)* risultano elevate rispetto al valore limite di 0,33 W/m^{2}K stabilite dalla Regione Piemonte[8], dato che le pareti verticali sono sprovviste di isolamento.
In merito a quanto detto è necessario prevedere l'isolamento dall'esterno delle pareti verticali.

Figura 3.2 – Partizioni Verticali

Tabella 3.2 – Trasmittanza delle Partizioni Verticali

PARTIZIONI VERTICALI	Uw [W/m^{2}K] UNI EN ISO 6946:2008
M1	0,932
M4	0,922

[8] Legge Regione Piemonte 28 maggio 2007, n.13

3.3 Scarsa capacità isolante dei serramenti

Per garantire il *comfort* degli ambienti interni di primaria importanza risultano i serramenti; questi devono soddisfare una serie di requisiti per garantire:

- Illuminazione;
- Tenuta alle intemperie;
- Buona resistenza meccanica alle varie sollecitazioni, in particolare a quelle dovute dal vento e agli agenti esterni;
- Isolamento termico;
- Isolamento acustico;
- Sicurezza.

I serramenti installati *(Figura 3.3, Tabella 3.3, Allegati Q R S)* all'interno dell'edificio sono di alluminio e hanno scarsa capacità isolante, in quanto non garantiscono gli *standard* di trasmittanza richiesti da normativa, ovvero valori massimi di 2 W/m^2K stabiliti dalla Regione Piemonte[9], comportando un'eccessiva dispersione del calore verso l'ambiente esterno.

Figura 3.3 - Serramento

Tabella 3.3 – Trasmittanza dei serramenti

SERRAMENTI	Uw [W/m^2K] UNI EN ISO 10077-1:2007
F1 (FINESTRA)	3,28
F2 (SCALA)	3,32
F3 (FINESTRA)	3,15
F4(SCALA)	3,32
F5 (FINESTRA)	3,37
F6 (SCALA)	3,39
F7 (FINESTRA)	3,51
F8 (FINESTRA)	3,33
F9 (FINESTRA)	3,48
F10 (FINESTRA)	3,36
F11 (FINESTRA)	3,25
F12 (SCALA)	3,31
F13 (SCALA)	3,40
F14 (FINESTRA)	3,35
F15 (FINESTRA)	3,48
F16 (FINESTRA)	3,42
F17 (SCALA)	3,40
F18 (FINESTRA)	3,30
F19 (FINESTRA)	3,50

[9] Legge Regione Piemonte 28 maggio 2007, n.13

3.4 Superficie disperdente trasparente elevata

In seguito all'analisi dei diversi prospetti (*allegato H – I, Tavola 8-9)*, in particolar modo del prospetto Est *(Figura 3.4),* è possibile osservare che la quantità di superficie trasparente è notevole rispetto a quella opaca *(Tabella 3.4)*, che presenta una trasmittanza inferiore.

Da ciò è possibile affermare che lo scambio di calore con l'ambiente esterno aumenta, e l'unica soluzione è l'installazione di nuovi serramenti che posseggono valori inferiori di trasmittanza.

Tabella 3.4 - Valori Superficie disperdente opaca e trasparente

Superficie opaca disperdente [m^2]	6.741
Superficie trasparente disperdente [m^2]	1.958,83

Figura 3.4 - Prospetto Est

3.5 Assenza del sistema di regolazione della temperatura interna

All'interno delle aule non sono presenti valvole termostatiche *(Figura 3.5)*, ossia dispositivi installati sui termosifoni che eseguono la termoregolazione.
Tali elementi riuscirebbero a garantire una temperatura costante nelle aule, regolando la quantità di acqua calda che passa nel radiatore in funzione della temperatura dell'ambiente.
A causa della mancanza di tali dispositivi gli ambienti raggiungono temperature interne elevate, poiché l'impianto esistente non conteggia i carichi entropici presenti all'interno di ogni ambiente, ossia qualsiasi fonte di calore derivante da apparecchi, come stampanti o *computer*, ma anche da persone o da luci.

Figura 3.5 - Radiatore

3.6 Assenza dell'isolamento del basamento

Lo scarso isolamento del basamento e la scarsa impermeabilizzazione dell'intero piano interrato ha causato infiltrazioni d'acqua, creando il problema dell'umidità.
L'umidità di risalita è stata causata dal fenomeno della capillarità, cioè l'umidità presente nel terreno risale attraverso il materiale che compone la muratura, sfruttandone la porosità.
Nel lungo periodo questo problema può provocare danni strutturali piuttosto seri, compromettendo la stabilità e le capacità di isolamento termico della parete.
E' possibile osservare che tale fenomeno ha causato il distaccamento degli intonaci e la formazione di muffe e organismi vegetali sulla parete *(Figura 3.6)*.

Figura 3.6 - Presenza di fenomeni di risalita capillare nel piano interrato

3.7 Presenza di ponti termici

L'involucro edilizio non è mai perfettamente omogeneo e presenta notevoli discontinuità sia geometriche sia di materiale, le quali comportano la formazione di ponti termici.

"Il ponte termico è quella parte dell'involucro edilizio dove la resistenza termica, altrove uniforme, cambia in modo significativo per effetto di:

- ✓ *compenetrazione totale o parziale di materiali con conduttività termica diversa nell'involucro edilizio;*
- ✓ *variazione dello spessore della costruzione;*
- ✓ *differenze tra l'area della superficie disperdente sul lato interno e quella del lato esterno, come avviene per esempio in corrispondenza dei giunti tra parete e pavimento o parete e soffitto.*

Esistono diverse tipologie di ponti termici:

- *ponti termici di forma, dovuti esclusivamente dalla geometria;*
- *ponti termici di struttura, dovuti dalla presenza di un elemento costruttivo di resistenza termica diversa;*
- *ponti termici di tipo misto, dovuti dalla sovrapposizione di un ponte termico di forma con uno di struttura."*[10]

La valutazione di questo tipo di nodi tra i diversi elementi è stata possibile utilizzando la termografia, regolata dalla UNI EN 13187 "*Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi – Metodo all'infrarosso*".
Le termografie[11] sono state fatte attraverso una termocamera Flir B, ovverosia un'apparecchiatura in grado di eseguire controlli non distruttivi e non invasivi.
Le termocamere consentono di rilevare le radiazioni nel campo dell'infrarosso dello spettro elettromagnetico e compiono misure correlate con l'emissione di queste radiazioni.
Infatti questo strumento rileva queste ultime e le trasforma in un'immagine nel visibile che noi possiamo comprendere e interpretare, oltre a fornire un valore esatto della temperatura in ogni punto.
Le differenze di conduttività dei materiali, cioè la facilità con cui il flusso di calore li attraversa o meno, danno luogo a temperature superficiali diverse, anche di pochi decimi di grado, che sono rilevabili dallo strumento.
Inizialmente esse venivano impiegate in ambito militare, per la capacità di "vedere" anche in assenza di luce nel campo del visibile; oggi sono ormai diffuse nell'ambito civile per varie applicazioni.
Il risultato di questo tipo di analisi ha permesso di analizzare i diversi prospetti, come è possibile osservare dalle immagini che seguono *(da Figura 3.7 a Figura 3.16).*

[10] UNI EN ISO 10211:2008
[11] Laboratorio Diagnostica Ambientale e Rilievi Termografici dell'Istituto Tecnico Statale per Geometri P.L. Nervi

Prospetto Est:

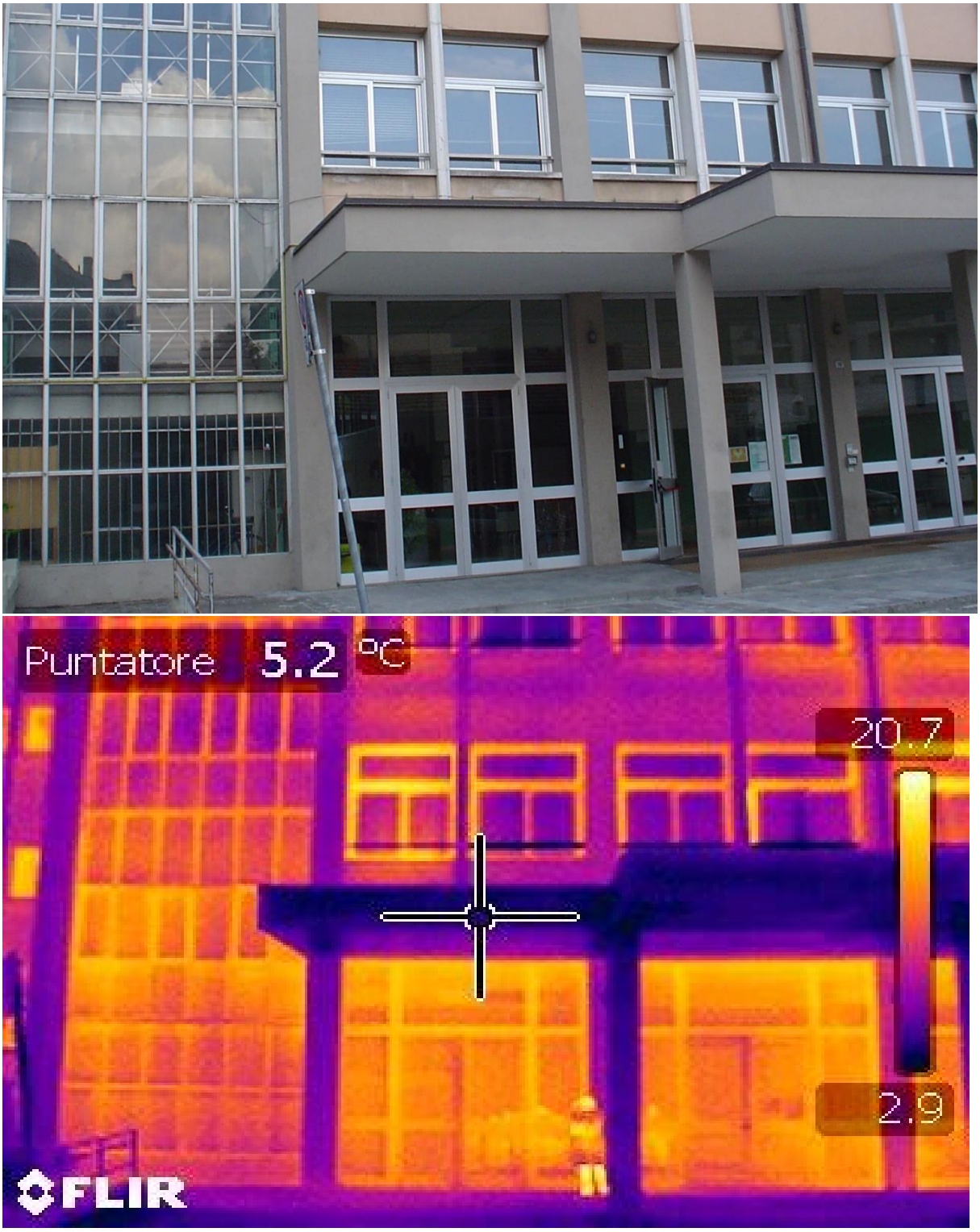

Figura 3.7 - Termografia Prospetto Est

Prospetto Est

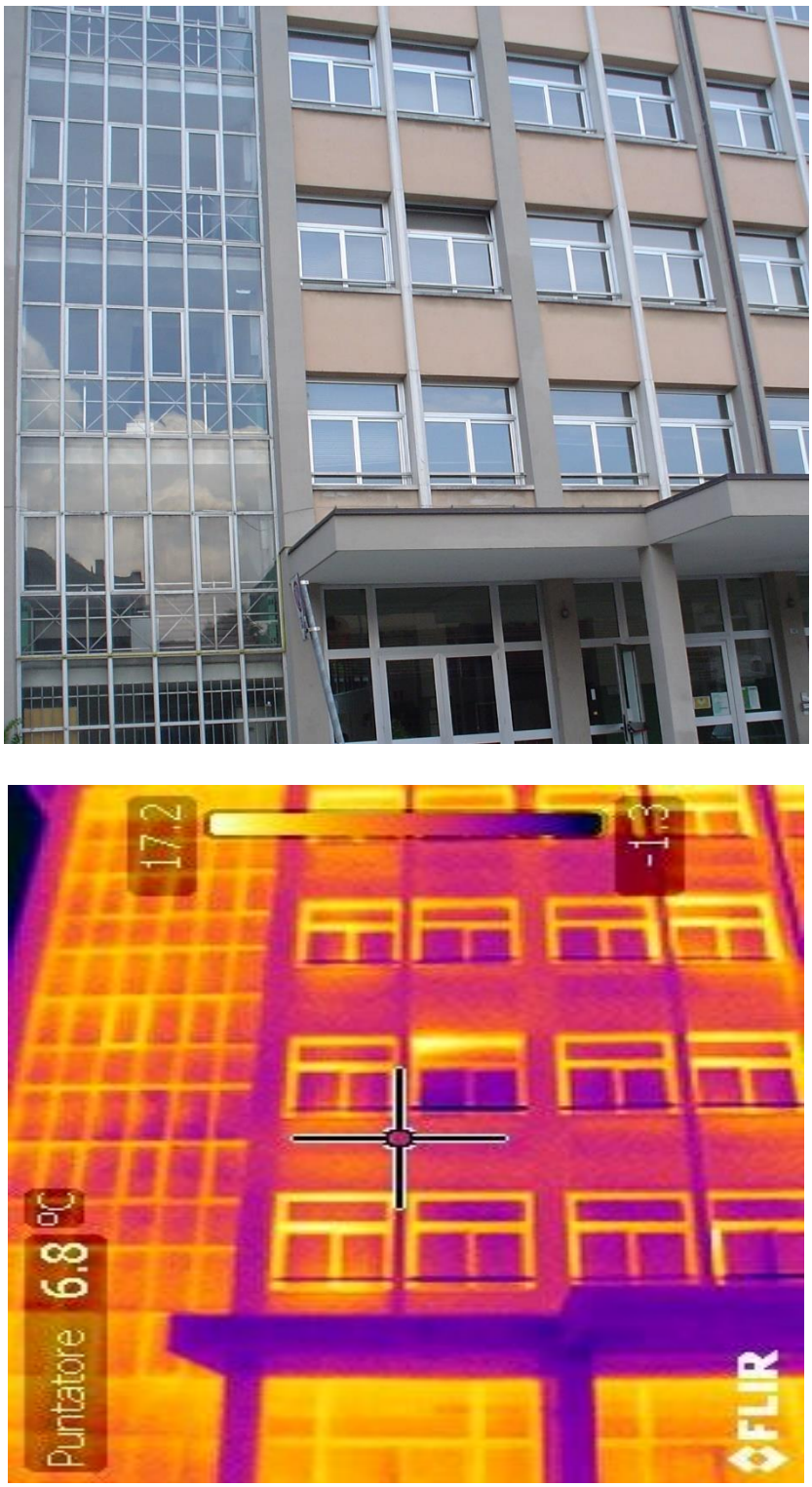

Figura 3.8 - Termografia Prospetto Est

Prospetto Est:

Figura 3.9 – Termografia Prospetto Est

Prospetto Est:

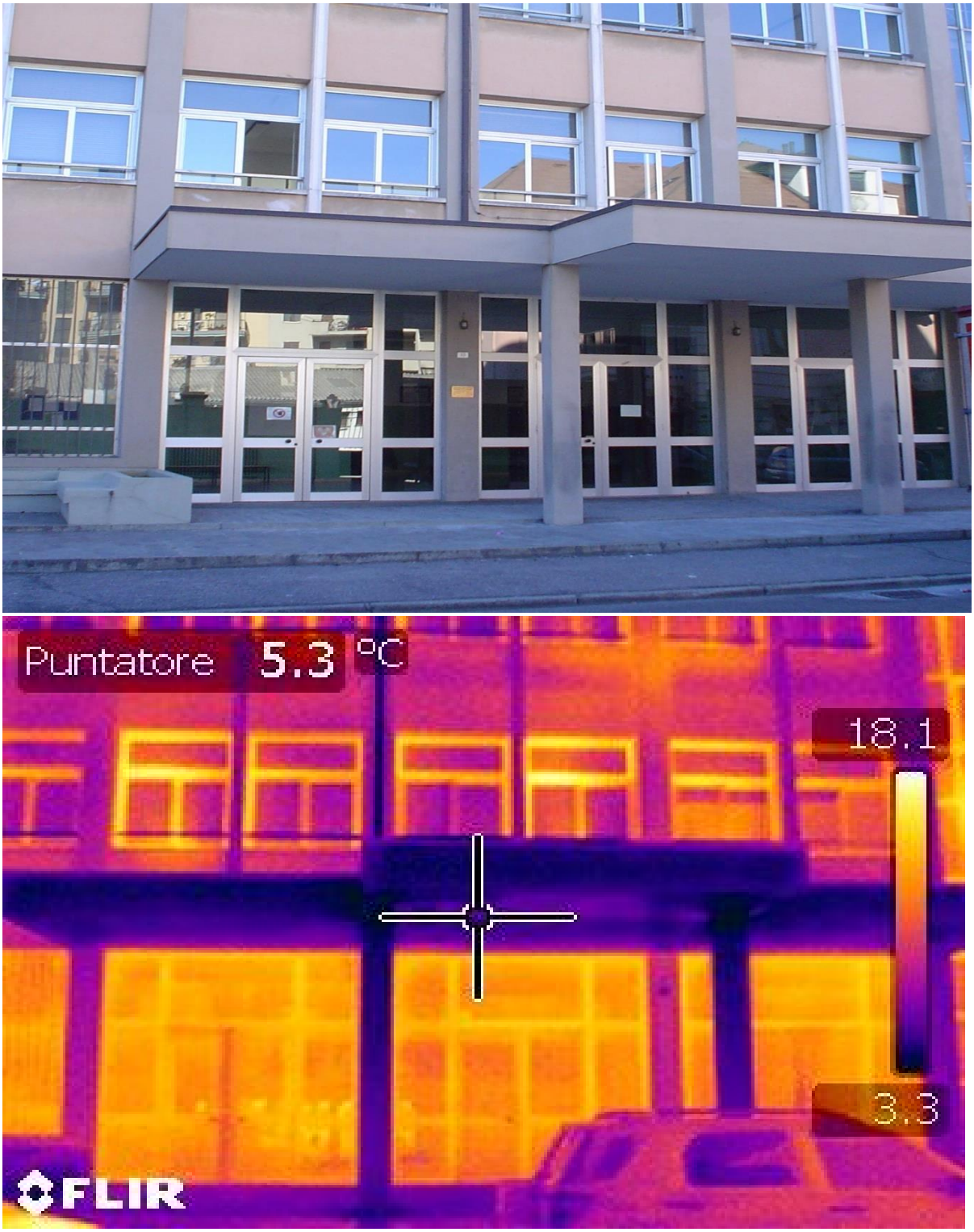

Figura 3.10 – Termografia Prospetto Est

Prospetto Nord-Est:

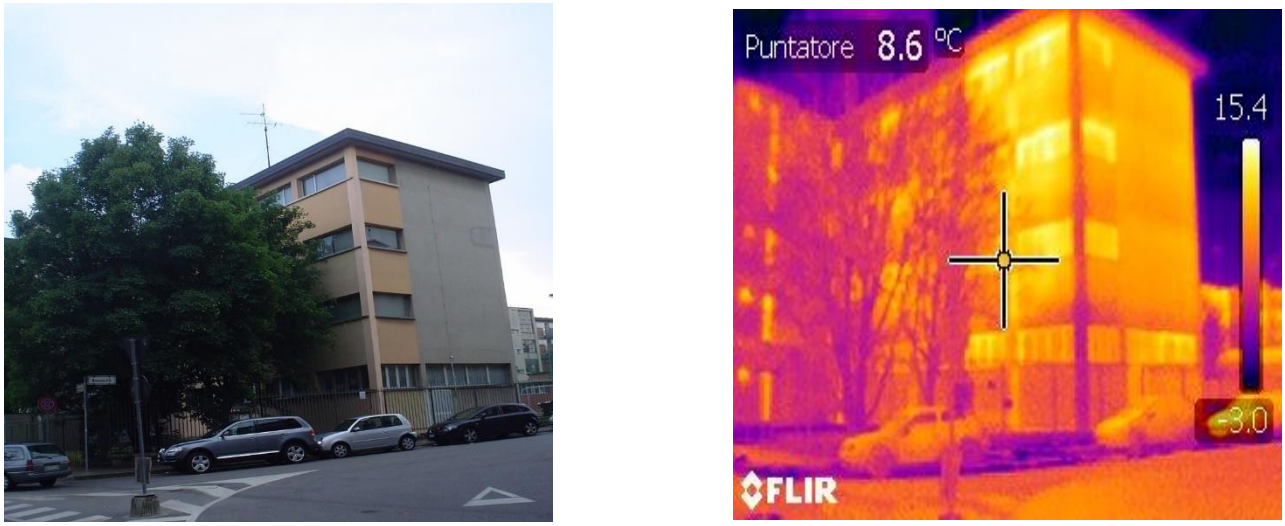

Figura 3.11 – Termografia Prospetto Nord - Est

Prospetto Nord:

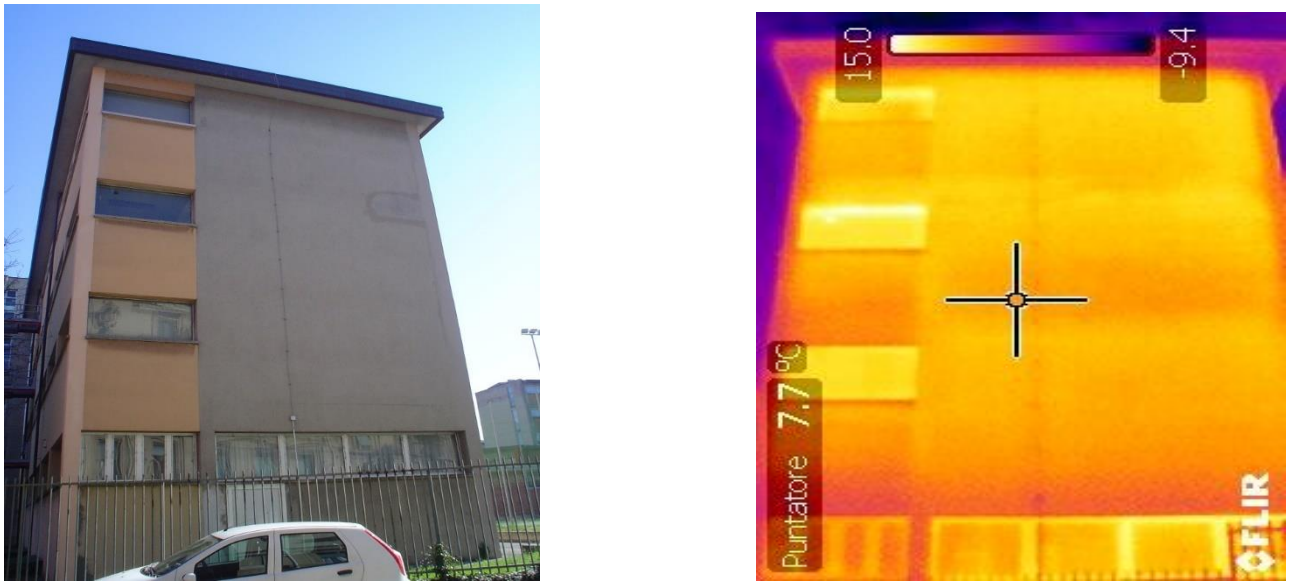

Figura 3.12 - Termografia Prospetto Nord

Prospetto Ovest:

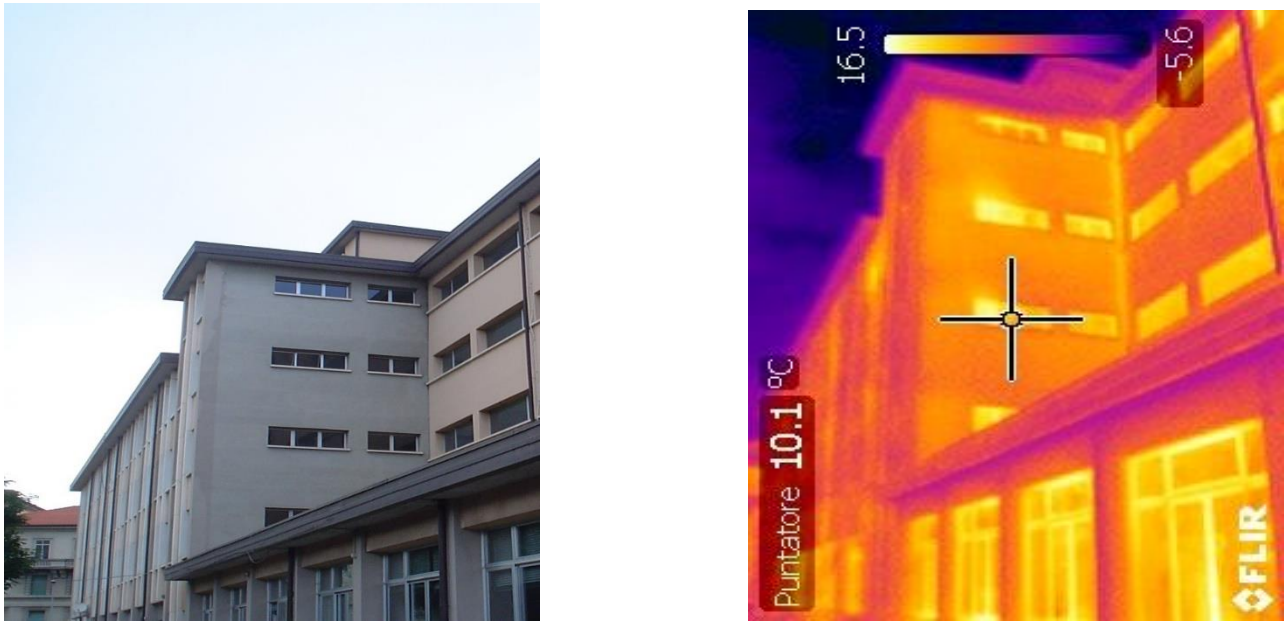

Figura 3.13 - Termografia Prospetto Ovest

Prospetto Ovest:

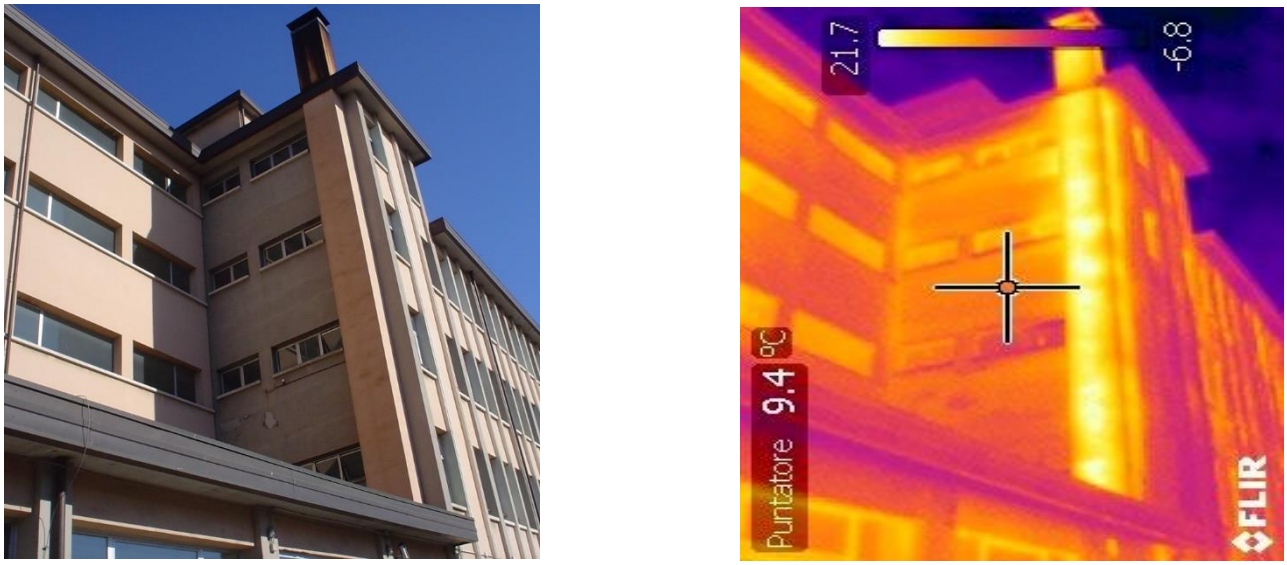

Figura 3.14 - Termografia Prospetto Ovest

Prospetto Ovest:

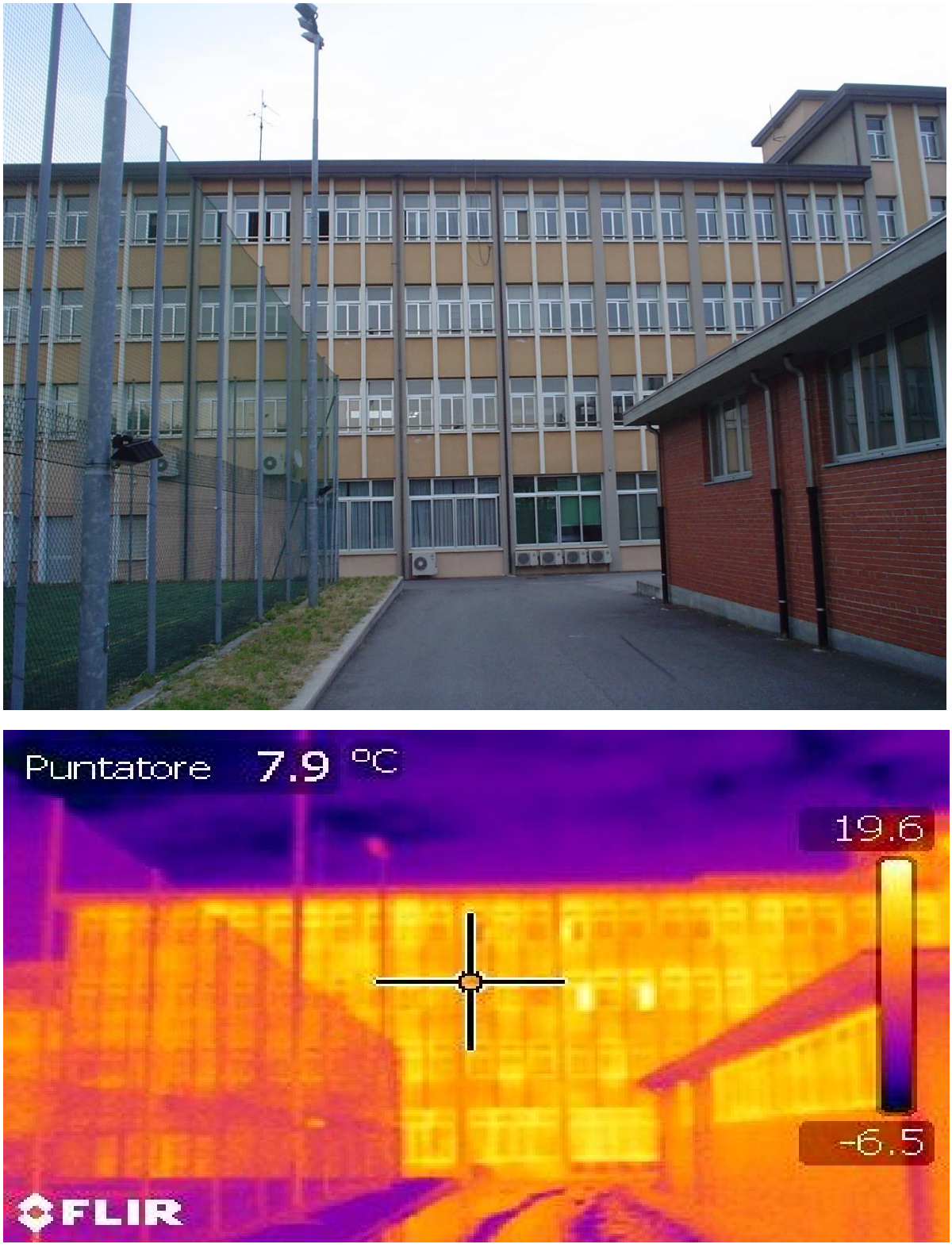

Figura 3.15 - Termografia Prospetto Ovest

Prospetto Ovest:

Figura 3.16 - Termografia Prospetto Ovest

Dalle precedenti termografie dell'edificio degli anni '70, è possibile notare le notevoli dispersioni termiche delle partizioni verticali non isolate e in particolar modo la presenza dei radiatori nei sotto finestra.

4 Analisi energetica dell'edificio

Per la costruzione del modello è stato utilizzato il programma di progettazione termotecnica Termus, che utilizza gli algoritmi della norma *UNI TS 11300*.
Il primo passo è stato quello di inserire all'interno del programma l'ubicazione dell'edificio ed eseguire la ricostruzione del modello base restituendo lo stato attuale del fabbricato attraverso l'inserimento:

- delle caratteristiche termofisiche di ogni elemento costruttivo, ciò è stato possibile attraverso l'introduzione dei parametri caratteristici di ogni singolo materiale;
- degli apporti interni, sfruttando i dati conosciuti :
    1) sulla classe di densità di occupazione;
    2) sulle categoria di edificio, da cui è stato possibile ricavare gli apporti termici degli occupanti e delle apparecchiature;
- dell'impianto termico con tutte le sue caratteristiche necessarie per il calcolo.

Successivamente si è proceduto all'analisi dei risultati ottenuti e alla validazione del modello.
Infine, in seguito all'analisi delle criticità del sistema edificio-impianto, sono stati simulati i diversi interventi migliorativi da eseguire alle strutture e agli impianti, ciò ha permesso di quantificare i consumi associati alle nuove condizioni valutando il potenziale di miglioramento dell'involucro edilizio e il conseguente risparmio ottenibile.

4.1 Analisi dei consumi termici

I consumi sono stati valutati tramite l'analisi dei dati forniti dalla Provincia di Novara e dall'ARPA Piemonte *(Figura 4.1, Tabella 4.1).*

Tabella 4.1 – Consumi reali Istituto Nervi

CONSUMI 2013/2014 [Sm^3]						
ott-13	nov-13	dic-13	gen-14	feb-14	mar-14	apr-14
4.780,91	10.821,75	20.153,32	18.904,45	15.424,91	6.975,65	2.140,86
Totale			79.201,86			

CONSUMI 2014/2015 [Sm^3]						
ott-14	Nov-14	dic-14	gen-15	feb-15	mar-15	apr-15
1.451,96	8.498,07	12.624,61	18.686,63	17.305,13	7.086,63	5.153,00
Totale			70.806,02			

CONSUMI 2015/2016 [Sm^3]						
ott-15	nov-15	dic-15	gen-16	feb-16	mar-16	apr-16
23.485,50	16.057,17	22.654,30	19.245,22	16.871,34	12.789,01	2.487,16
Totale			113.589,69			

CONSUMI 2016/2017 [Sm^3]						
ott-16	nov-16	dic-16	gen-17	feb-17	mar-17	apr-17
0,00	16.264,40	19.161,87	27.650,72	19.609,47	11.221,92	2.709,58
Totale			97.572,61			

In seguito sono stati confrontati i gradi giorni con i consumi reali *(Figura 4.1)*, dal seguente grafico è possibile notare che l'andamento è piuttosto simile in quanto all'aumentare dei gradi giorno aumentano i consumi termici, ciò sta a significare che al diminuire delle temperature aumentano i consumi.

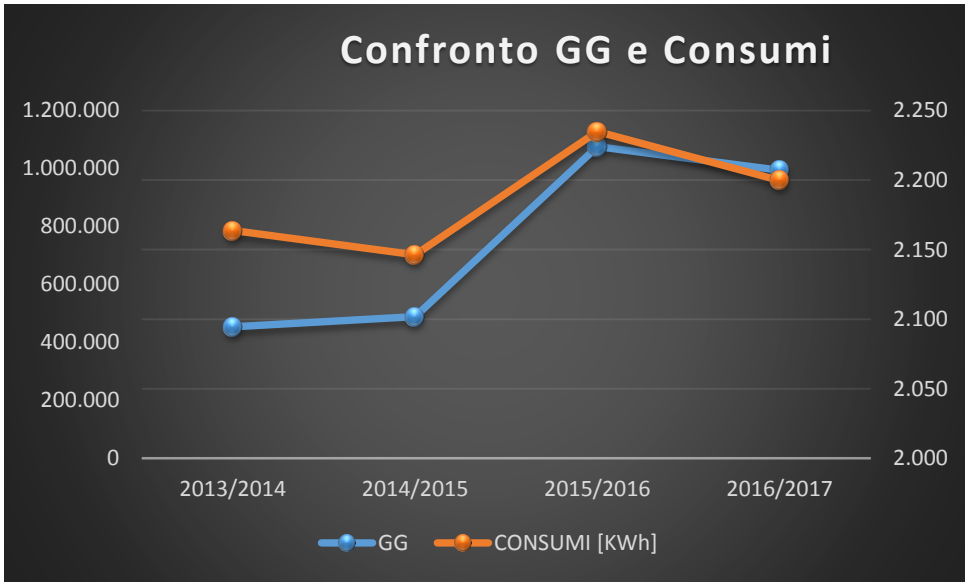

Figura 4.1 - Confronto dei GG e consumi

Infine è possibile affermare che le dispersioni maggiori *(Figura 4.2)* del seguente edificio sono dovute sia dalle pareti esterne che dai serramenti.

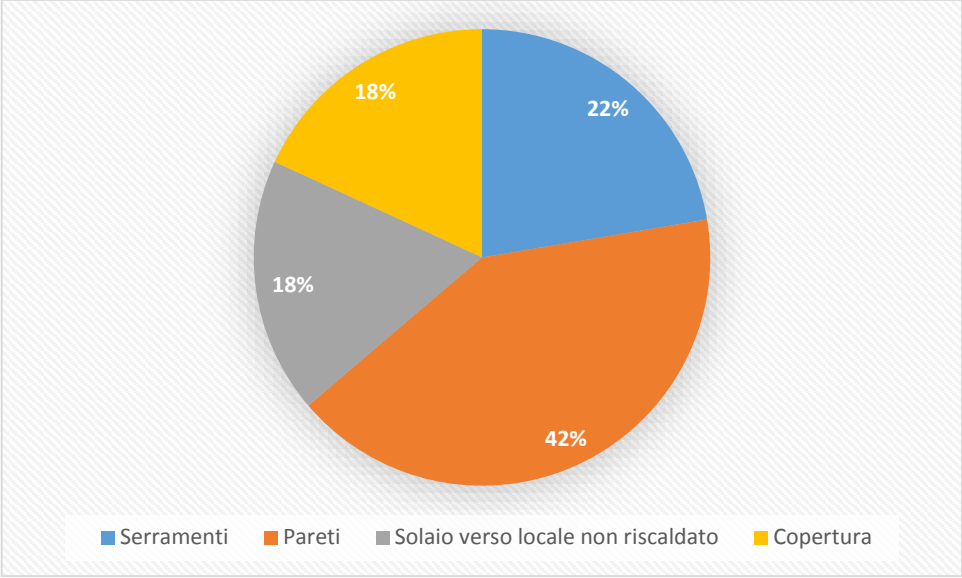

Figura 4.2 - Perdite di calore in percentuale attraverso le strutture

Prendendo in considerazione i dati dei consumi reali, relativi alle stagioni di riscaldamento 2013/2014 2014/2015 2015/206 2016/2017 è stato possibile validare il modello di calcolo il fattore di congruità ottenuto (*Figura 4.3)*, dato dalla seguente formula:

$$-10\% \leq \frac{Co - Cr}{Cr} \leq +10\%$$

Dove:

- Co sono i consumi annuali derivanti dal modello di calcolo;
- Cr sono i consumi reali annuali.

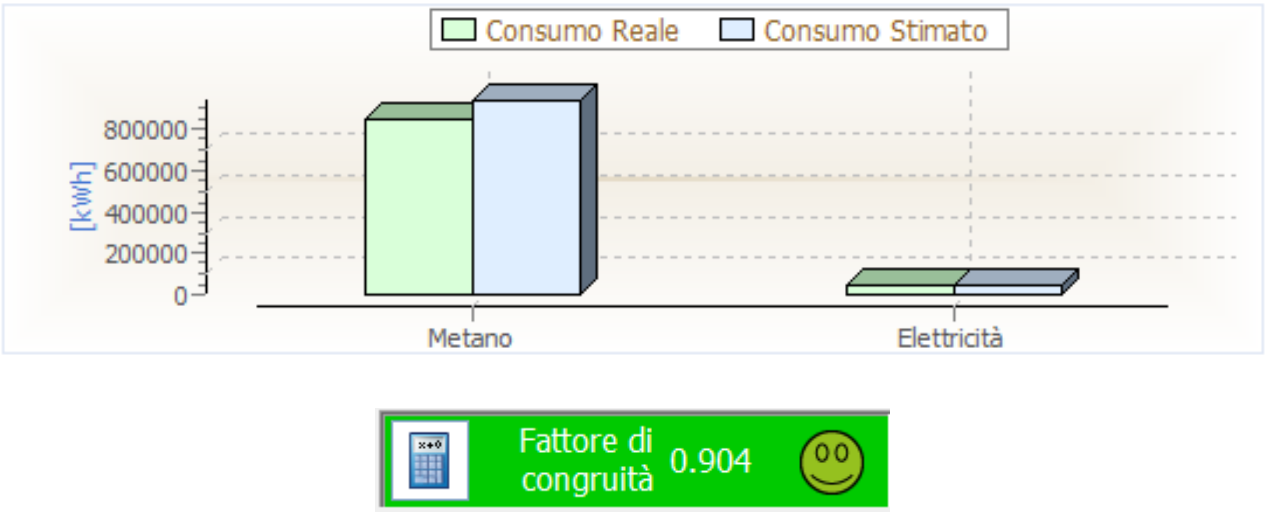

Figura 4.3 - Fattore di congruità

Dato che rispetta lo scostamento massimo, il modello di calcolo risulta conforme e può essere utilizzato per proporre interventi finalizzati a risparmio energetico ed economico.

5 Proposta interventi migliorativi

Gli interventi migliorativi proposti sono stati ipotizzati in base alle criticità riscontrate e in riferimento alle percentuali con cui si configuravano le perdite per dispersione.

Il costo di costruzione di ogni operazione è stato stimato attraverso un procedimento analitico ricostruttivo, computo metrico estimativo, che ha lo scopo di determinare l'importo delle singole lavorazioni e il conseguente importo totale dei lavori.

Per ogni soluzione migliorativa si è proceduto nel seguente modo:

1. classificazioni delle lavorazioni;
2. misurazione delle lavorazioni;
3. stima dei prezzi unitari, ricavate dal "*Prezzario Regione Piemonte 2019*".

Il costo di costruzione è dato dalla somma:

$$CC = CTC + Sg + Uc$$

a) del costo tecnico di costruzione (CTC), pari alla somma dei seguenti fattori produttivi:

$$CTC = Mt + MO + NT$$

- Mt: costo dei materiali;
- MO: costo della manodopera;
- NT: costo noli e trasporti;

b) le spese generali (Sg), poste pari al 13% di CTC;
c) l'utile dell'imprenditore costruttore (Uc), posto pari al 10% di CTC.

Nei successivi calcoli è stato posto:

$$Sg + Uc = 24{,}3\%\ CTC$$

I prezzi unitari "*si intendono riferiti ai lavori eseguiti con fornitura ed impiego di prodotti della migliore qualità e comprendono ogni prestazione di risorse umane occorrente per dare il lavoro compiuto '' a regola d'arte'', secondo le norme del buon costruire."*[12]

Inoltre tali prezzi sono determinati considerando:

1. i materiali in fornitura a piè d'opera;
2. comprensivi di manodopera;
3. al netto di IVA.

Infine è stato redatto il quadro economico[13] di ogni intervento, che prevede la seguente articolazione del costo complessivo:

A- Lavori a base d'appalto:
A.1- Importo delle opere, soggette a ribasso;
A.2- Oneri della sicurezza (non soggetti a ribasso);

[12] Ripresi dal Prezzario Regione Piemonte 2019
[13] D.P.R. 5 ottobre 2010, art.16 modificato con D.Lgs. 18 aprile 2016, n.50 art.216 – Legge 14 giugno 2019, n.55.

B- Somme a disposizione dell'amministrazione:
B.1 Imprevisti IVA inclusa (posti pari al 10% dell'importo dei lavori a base di gara);
B.2 Spese tecniche (relative ai rilievi e indagini, alla progettazione, alla direzione dei lavori, alla contabilità, al coordinamento e sicurezza) spese per attività tecnico amministrative (connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione) e spese per oneri e accessori [14];
B.3 Incentivo per le funzioni tecniche svolte dai dipendenti pubblici per le attività di programmazione della spesa per investimenti, per la verifica preventiva dei progetti di predisposizione e di controllo delle procedure di bando e di esecuzione dei contratti pubblici, di responsabile unico del procedimento, di direzione dei lavori, ecc. (poste pari all'80% del 2% dell'importo dei lavori a base d'appalto) [15]:
B.4 Spese per analisi e collaudi[16];
B.5 Iva su somma a disposizione dell'Amministrazione (22%);
B.6 Iva su importo dei lavori da appaltare (10%);

A+B - Importo totale di progetto.

Le voci B.2 e B.4 sono state calcolate tenendo conto dei parametri per la determinazione del corrispettivo da porre a base di gara nelle procedure di affidamento di contratti pubblici dei servizi relativi all'architettura ed all'ingegneria:

"Il compenso CP è dato:

$$CP = \sum (VxGxQxP)$$

dove:
- *parametro V, dato dal costo delle singole categorie componenti l'opera;*
- *parametro G, relativo alla complessità della prestazione (Tavola Z-1 del decreto precedentemente citato);*
- *parametro Q , relativo alla specificità della prestazione (Tavola Z-2 del decreto precedentemente citato);*
- *parametro base P, che si applica al costo economico delle singole categorie componenti l'opera:*

$$P = 0{,}03 + 10/V^{0{,}4}$$

L' importo delle spese e oneri accessori (B.4) è stato definito in maniera forfetaria:
per opere di importo fino a 1.000.000,00 è determinato in misura non superiore al 25% del compenso."[17]

L'aliquota dell'IVA applicata ai lavori a base d'appalto è pari al 10%, mentre alla somma a disposizione dell'amministrazione pari al 22%.

[14] D.M. 16 febbraio 2016
[15] Ex art.113 comma 3, D.lgs. n.50/2016
[16] D.M. 16 febbraio 2016
[17] D.M. 16 febbraio 2016

5.1 Intervento 1 – Coibentazione della copertura

La coibentazione della copertura è un intervento fondamentale da eseguire al seguente edificio, in quanto consente di ridurre le dispersioni del piano che è a contatto con l'ambiente esterno.

"*L'isolamento termico di una copertura ha lo scopo di:*

- *ridurre le dispersioni termiche attraverso le strutture perimetrali e quindi diminuire i costi relativi alle spese di riscaldamento invernale;*
- *aumentare il comfort abitativo poiché il materiale isolante consente di ottenere sulla superficie interna della copertura temperature più vicine a quelle dell'ambiente abitato;*
- *evitare la formazione di condensa e quindi di muffe sulle superfici interne della copertura;*
- *rispettare quanto previsto dalla D.lgs.311/2006 , attualmente in vigore, riguardante il contenimento dei consumi energetici in edilizia, le leggi regionali e proiettarsi verso l'efficienza energetica degli edifici."*[18]

Nel seguente intervento si è scelto di agire con la soluzione a tetto rovescio pedonabile (*Figura 5.1, Tabella 5.2, Allegato T*), caratterizzato dalla presenza del materiale isolante sopra il manto impermeabile, ciò permette la protezione di quest'ultimo dalle escursioni termiche e dalle intemperie. Infatti, i principali vantaggi sono:

- l'aumento della durata nel tempo del manto impermeabile;
- l'efficacia della stratigrafia della copertura dal punto di vista igrometrico, dato che presenta strati di resistenza alla diffusione del vapore decrescenti dall'interno verso l'esterno.

L'unico tipo di materiale isolante, che consente la realizzazione del tetto rovescio pedonabile, è il polistirene estruso XPS, costituito da una struttura a celle chiuse contenenti aria, in quanto può essere sottoposto a notevoli sollecitazioni fisiche e meccaniche.
Questo tipo di intervento rispetta i valori di trasmittanza limite *(Tabella 5.1.a- 5.1.b)* imposti dal *Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 – Appendice B* (Allegato 1- Capitolo 4) e i limiti della Regione Piemonte[19].

Tabella 5.1.a – 5.1 b - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione a sinistra (a), Valori limite di trasmittanza imposti dalla Regione Piemonte a destra (b)

Zona climatica	U [W/m² K]	
	2015	2021
A e B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

	1° Livello	2° Livello
Trasmittanza termica delle strutture verticali opache	0,33	0,25
Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate	0,30	0,23
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti (valore medio vetro/telaio)	2,0	1,7
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti fronte strada dei locali ad uso non residenziale (valore medio vetro/telaio)	2,8	2,0

[18] www.aisvertecnologie.it
[19] Legge Regione Piemonte 28 maggio 2007, n.13

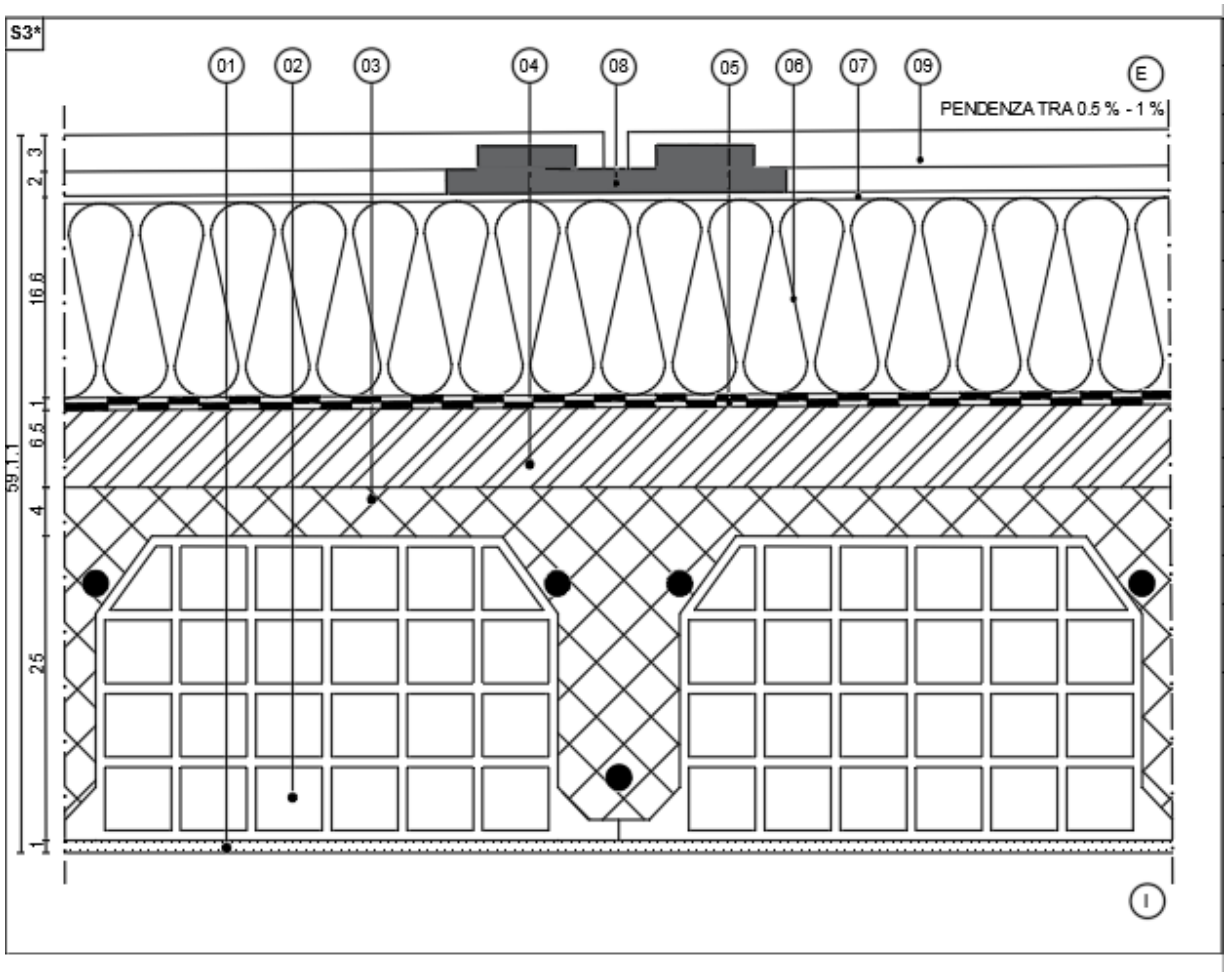

Figura 5.1 – Stratigrafia solaio copertura con isolamento

*Tabella 5.2 - Descrizione della Partizione Orizzontale S3**

STRATIGRAFIA PARTIZIONE ORIZZONTALE S3*			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1
2	Strato di alleggerimento Pignatte	Laterizio alveolato	25x38x25
3	Soletta	Cemento Armato	4
4	Massetto di pendenza	Cls	6,5
5	Strato di impermeabilizzazione	Guaina bituminosa	1
6	Strato isolante	Polistirene estruso	16
7	Strato di separazione	Fibre di polistirene	0,6
8	Distanziatore	Acciaio zincato	2
9	Piastrella	Gres ceramico	3
Spessore Totale [cm]			59,1
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			0,171

Attraverso il procedimento precedentemente descritto è stato possibile valutare i costi dell'intervento *(Tabella 5.3 – Tabella 5.4 –Tabella 5.5).*

Tabella 5.3 - Computo metrico estimativo Intervento 1

Computo metrico estimativo - Intervento 1- Coibentazione della copertura- Riferimento a Prezzario Regione Piemonte 2019						
Strato	Codice	Descrizione	U.M.	Costo [€]	Area intervento [m^2]	Costo totale intervento [€]
06	30.P50.B20.040	Pannello in polistirene estruso (XPS), con pelle e bordi a battente, per isolamento termico di coperture piane - tetti e sotto pavimento carrabile. Resistenza a compressione->500KPa (secondo la norma UNI EN 13164:2013), euro classe E di resistenza a fuoco, conducibilità termica DA 0,0031 A 0,0035 W/m K. Dotato di dichiarazione o certificazione ambientale di prodotto relativamente al contenuto di riciclato come richiesto dal D.M. 11/10/2017 paragrafo 2.4.2.9 (spessore 160 mm).	m^2	54,27	1.596,00	86.614,92
07	01.A09.B24.005	Posa in aderenza di manti sintetici in PVC comprendente l'ispezione e preparazione della superficie, spalmatura di bitume o emulsione vinilica, taglio dei teli e adattamento alle dimensioni dell'area, stesura ed incollaggio del manto sullo strato bituminoso fatto rivenire caldo, saldatura dei teli con solvente o aria calda, sigillatura, avvolgimento corpi fuoriuscenti finitura bocchettoni pluviali. Per impermeabilizzazioni di coperture di qualsiasi tipo (piane, a volta, in pendenza etc.), di parcheggi, rampe, viadotti.	m^2	14,62	1.596,00	23.333,52
08	01.P11.A92.005	Struttura portante per pavimentazioni sopraelevate costituita da supporti regolabili in verticale in acciaio zincato.	m^2	17,39	1.596,00	27.754,44
09	01.P07.B45.005	Provvista di piastrelle per pavimenti e rivestimenti in gres ceramico fine porcellanato, ottenuto da impasto di argille nobili di tipo omogeneo a tutto spessore, privo di trattamento superficiale, inassorbente, antigelivo, altamente resistente agli attacchi fisici e chimici, con superficie a vista tipo naturale o tipo antisdrucciolo. (Nei formati 20x20 - 30x30-40x40).	m^2	24,28	1.596,00	38.750,88
	01.P25.A75.005	Nolo di ponteggio tubolare esterno eseguito con tubo-giunto, compreso trasporto, montaggio, smontaggio, nonché ogni dispositivo necessario per la conformità alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sotto piani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale).	m^2	6,22	5.591,51	34.779,18

	28.A05.D05.005	Nucleo abitativo per servizi di cantiere. Prefabbricato monoblocco ad uso ufficio, spogliatoi e servizi di cantiere. Caratteristiche: struttura di acciaio, parete perimetrale realizzata con pannello sandwich, dello spessore minimo di 40 mm, composto da lamiera preverniciata esterna ed interna e coibentazione di poliuretano espanso autoestinguente, divisioni interne realizzate come le perimetrali, pareti pavimento realizzato con pannelli in agglomerato di legno truciolare idrofugo di spessore mm 19, piano di calpestio in piastrelle in PVC , classe 1 di reazione al fuoco, copertura realizzata con lamiera zincata con calatoi a scomparsa nei quattro angoli, serramenti in alluminio preverniciato, vetri semidoppi porta d'ingresso completa di maniglie e/o maniglione antipanico, impianto elettrico a norma di legge da certificare. Sono compresi: l'uso per la durata delle fasi di lavoro che lo richiedono al fine di garantire la sicurezza e l'igiene dei lavoratori; il montaggio e lo smontaggio anche quando, per motivi legati alla sicurezza dei lavoratori, queste azioni vengono ripetute più volte durante il corso dei lavori a seguito delle evoluzione dei medesimi; i documento che indica l'istruzione per l'uso e la manutenzione; i controlli periodici e il registro di manutenzione programmata; il trasporto presso il cantiere; la preparazione della base di appoggio; i collegamenti necessari (elettricità , impianto di terra acqua, gas, ecc.) quando previsti; l'uso dell'autogru per la movimentazione e la collocazione nell'area predefinita e per l'allontanamento a fine opera. Arredamento minimo: armadi, tavoli e sedie. Dimensione esterne massime m 2,40 x 6,40 x 2,45 circa (modello base) - Costo primo mese o frazione di mese.	Cad.	368,67		368,67
TOTALE [€]						204.978,22

Tabella 5.4 - Valutazione voci B.2, B.4

		V	G	Q	P	Costo [€]	Costo totale [€]
B.2	Rilievo dei manufatti	204.978,22	1,15	0,04	0,105	990,46	12.380,77
	Diagnosi energetica esclusi rilievi e indagini			0,02		495,23	
	Relazione generale e specialistiche, elaborati grafici, calcoli esecutivi			0,07		1.733,31	
	Computo metrico estimativo, quadro economico, elenco prezzi e eventuale analisi, quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera			0,04		990,46	
	Schema d contratto, capitolato d'appalto, cronoprogramma			0,02		495,23	
	Piano di manutenzione dell'opera			0,02		495,23	
	Piano di sicurezza e coordinamento			0,10		2.476,15	
	Supporto al RUP: per la supervisione e coordinamento della progettazione esecutiva			0,01		247,62	
	Supporto al RUP: per la verifica della progettazione esecutiva			0,13		3.219,00	
	Supporto al RUP: per la programmazione e progettazione appalto			0,04		990,46	
	Supporto al RUP: per la validazione del progetto			0,01		247,62	
B.4	Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione			0,32		7.923,69	9.904,61
	Collaudo tecnico amministrativo			0,08		1.980,92	

Tabella 5.5 - Quadro economico Intervento 1

QUADRO ECONOMICO INTERVENTO 1- Coibentazione della copertura			
A	**LAVORI A BASE D'APPALTO**		
A.1	Importo dei lavori a base di gara	152.847,32	€
A.2	Oneri della sicurezza (non soggetti a ribasso)	52.130,89	€
	Importo dei lavori da appaltare	**204.978,22**	€
B	**SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINITRAZIONE**		
B.1	Imprevisti IVA inclusa (10% dei Lavori a base di gara)	15.284,73	€
B.2	Spese tecniche (Indagini e rilievi, progettazione, direzione dei lavori, contabilità, coordinamento e sicurezza, spese oneri e accessori)	17.952,11	€
B.3	Incentivi per funzioni tecniche svolte dai dipendenti	3.279,65	€
B.4	Spese per prove, analisi e collaudi	9.904,61	€
B.5	Iva su somme a disposizione dell'amministrazione (22%)	6.850,00	€
B.6	Iva su importo dei lavori da appaltare (10%)	20.497,82	€
	Totale somma a disposizione dell'amministrazione	**73.768,93**	€
	IMPORTO TOTALE DI PROGETTO	**278.747,14**	€

5.2 Intervento 2 – Coibentazione delle pareti

La parete perimetrale riveste un duplice ruolo: quello "*portante*" e quello di "*chiusura*", in quanto protegge l'ambiente interno dall'esterno e quindi dagli agenti atmosferici.
Nel seguente intervento si è scelto di agire con l'applicazione del cappotto *(Figura 5.2, Tabella 5.7, Allegato U)*, dato che tale tipo di isolamento consente di eliminare tutti i punti freddi comportando:

- il miglioramento della prestazione termica dell'edificio e di conseguenza quello del *comfort* abitativo;
- la riduzione dei consumi energetici del riscaldamento invernale.

L'alterazione dei caratteri linguistici delle facciate è l'unica criticità che pone tale tipologia di isolamento, a tal proposito si è scelto di eseguire l'applicazione del cappotto solo sulle due facciate laterali, il prospetto Nord e Sud (*Allegato I, Tavola 9*), poiché contengono maggiore superficie opaca disperdente.
Questo tipo di intervento rispetta i valori di trasmittanza limite *(Tabella 5.6.a – 5.6.b)* imposti dal Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 – Appendice B (Allegato 1- Capitolo 4) e i limiti della Regione Piemonte[20].

Tabella 5.6.a -5.6.b - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione a sinistra (a), Valori limite di trasmittanza imposti dalla Regione Piemonte a destra (b)

Zona climatica	U [W/m² K]	
	2015	2021
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

	1° Livello	2° Livello
Trasmittanza termica delle strutture verticali opache	0,33	0,25
Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate	0,30	0,23
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti (valore medio vetro/telaio)	2,0	1,7
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti fronte strada dei locali ad uso non residenziale (valore medio vetro/telaio)	2,8	2,0

[20] Legge Regione Piemonte 28 maggio 2007, n.13

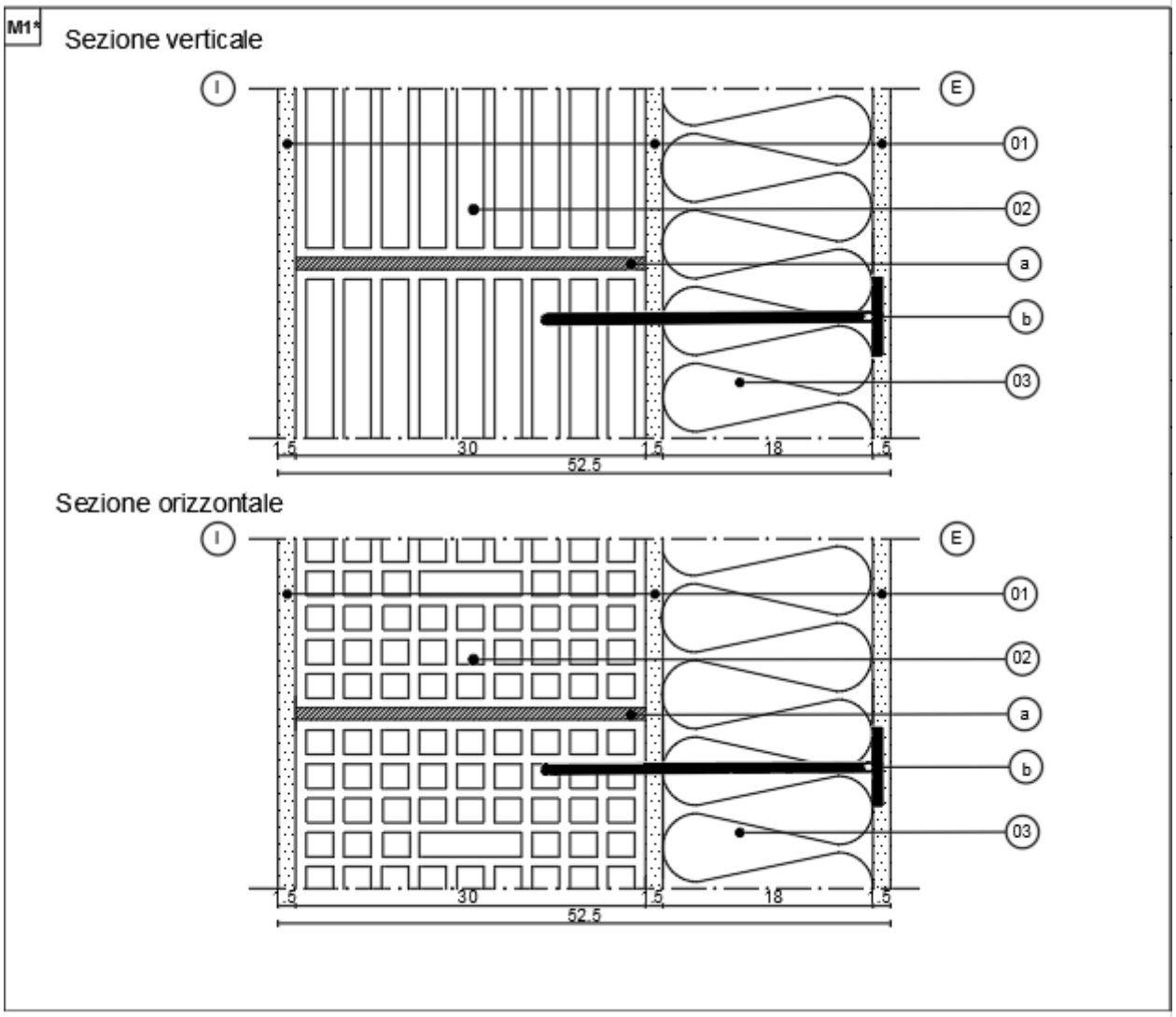

Figura 5.2 - Stratigrafia Partizione verticale con isolamento

*Tabella 5.7 - Descrizione della Partizione Verticale M1**

STRATIGRAFIA PARTIZIONE VERTICALE M1*			
	Funzione / Sistema tecnologico	**Materiale**	**Spessore [cm]**
1	Rivestimento	Intonaco di calce e gesso	1.5
2	Strato di alleggerimento Mattoni forati	Laterizio alveolato	30x25x25
3	Strato isolante	Polistirene estruso	16
a	Collegamento	Malta cementizia	-
b	Collegamento	Ancoraggio meccanico	-
Spessore Totale [cm]			52.5
Trasmittanza U [W/m^{2}K]			0.157

Attraverso il procedimento precedentemente descritto è stato possibile valutare i costi dell'intervento *(Tabella 5.8-5.9-5.10).*

Tabella 5.8 - Computo metrico estimativo Intervento 2

Computo metrico estimativo Intervento - 2- Coibentazione delle pareti- Riferimento a Prezzario Regione Piemonte 2019						
Strato	Codice	Descrizione	U.M.	Costo [€]	Area intervento [m^2]	Costo totale intervento [€]
03	01.P09.A55.NP	Pannello in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 KPa (secondo la norma UNI EN 13164), euro classe E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,036 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno. Nota: Nuova voce, in quanto nel Prezziario Regione Piemonte è fornito il prezzo relativo allo spessore di 120 mm - nell'intervento il pannello utilizzato ha uno spessore di 180 mm, attraverso una semplice analisi considerando che ogni 20 mm di spessore il costo aumenta di 2,76 €.	m^2	22,09	98,72	2.180,72
b	14.P11.A20.005	Applicazione di staffe a muro, in cantiere, mediante infissione di chiodi con pistola chiodatrice o tasselli con foratura trapano, in muratura di cls, pietra o mattoni, e compresa la manodopera ed ogni altro materiale occorrente all'esecuzione, con saldatura delle staffe per ogni chiodo sparato o per tassello fino a 2,5 metri di altezza.	Cad.	2,75	Numero tasselli 390	2.406,30
	14.P11.A20.010	Applicazione di staffe a muro, in cantiere, mediante infissione di chiodi con pistola chiodatrice o tasselli con foratura trapano, in muratura di cls, pietra o mattoni, e compresa la manodopera ed ogni altro materiale occorrente all'esecuzione, con saldatura delle staffe per ogni chiodo sparato o per tassello oltre a 2,5 metri di altezza.	Cad.	3,42	Numero tasselli 390	
01	01.A20.E48.005	Esecuzione di rivestimento murale costruito da legante minerale a base di grassello di calce a lunga stagionatura, terre naturali ed ossidi inorganici, additivi minerali - Per interni e per esterni.	m^2	16,19	98,72	1.598,28

	01.P25.A75.005	Nolo di ponteggio tubolare esterno eseguito con tubo-giunto, compreso trasporto, montaggio, smontaggio, nonché ogni dispositivo necessario per la conformità alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale).	m^2	6,22	98,72	614,04
	28.A05.D05.005	Nucleo abitativo per servizi di cantiere. Prefabbricato monoblocco ad uso ufficio, spogliatoi e servizi di cantiere. Caratteristiche: struttura di acciaio, parete perimetrale realizzata con pannello sandwich, dello spessore minimo di 40 mm, composto da lamiera preverniciata esterna ed interna e coibentazione di poliuretano espanso autoestinguente, divisioni interne realizzate come le perimetrali, pareti pavimento realizzato con pannelli in agglomerato di legno truciolare idrofugo di spessore mm 19, piano di calpestio in piastrelle in PVC , classe 1 di reazione al fuoco, copertura realizzata con lamiera zincata con calatoi a scomparsa nei quattro angoli, serramenti in alluminio preverniciato, vetri semidoppi porta d'ingresso completa di maniglie e/o maniglione antipanico, impianto elettrico a norma di legge da certificare. Sono compresi: l'uso per la durata delle fasi di lavoro che lo richiedono al fine di garantire la sicurezza e l'igiene dei lavoratori; il montaggio e lo smontaggio anche quando, per motivi legati alla sicurezza dei lavoratori, queste azioni vengono ripetute più volte durante il corso dei lavori a seguito delle evoluzione dei medesimi; i documento che indica l'istruzione per l'uso e la manutenzione; i controlli periodici e il registro di manutenzione programmata; il trasporto presso il cantiere; la preparazione della base di appoggio; i collegamenti necessari (elettricità , impianto di terra acqua, gas, ecc.) quando previsti; l'uso dell'autogru per la movimentazione e la collocazione nell'area predefinita e per l'allontanamento a fine opera. Arredamento minimo: armadi, tavoli e sedie. Dimensione esterne massime m 2,40 x 6,40 x 2,45 circa (modello base) - Costo primo mese o frazione di mese.	Cad.	368,67		368,67
TOTALE [€]						7.168,01

Tabella 5.9 - Valutazione voci B.2, B.4

		V	G	Q	P	Costo [€]	Costo totale [€]
B.2	Rilievo dei manufatti	7.168,01	1,15	0,04	0,317	104,51	1.358,69
	Diagnosi energetica esclusi rilievi e indagini			0,02		52,26	
	Relazione generale e specialistiche, elaborati grafici, calcoli esecutivi			0,07		182,90	
	Computo metrico estimativo, quadro economico, elenco prezzi e eventuale analisi, quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera			0,04		104,51	
	Schema d contratto, capitolato d'appalto, cronoprogramma			0,04		104,51	
	Piano di manutenzione dell'opera			0,02		52,26	
	Piano di sicurezza e coordinamento			0,10		261,29	
	Supporto al RUP: per la supervisione e coordinamento della progettazione esecutiva			0,01		26,13	
	Supporto al RUP: per la verifica della progettazione esecutiva			0,13		339,67	
	Supporto al RUP: per la programmazione e progettazione appalto			0,04		104,51	
	Supporto al RUP: per la validazione del progetto			0,01		26,13	
B.4	Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione			0,32		836,12	1.045,15
	Collaudo tecnico amministrativo			0,08		209,03	

Tabella 5.10 - Quadro economico Intervento 2

QUADRO ECONOMICO INTERVENTO 2- Coibentazione delle pareti			
A	**LAVORI A BASE D'APPALTO**		
A.1	Importo dei lavori a base di gara	5.566,77	€
A.2	Oneri della sicurezza (non soggetti a ribasso)	1.601,24	€
	Importo dei lavori da appaltare	**7.168,01**	€
B	**SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINITRAZIONE**		
B.1	Imprevisti IVA inclusa (10% dei Lavori a base di gara)	556,68	€
B.2	Spese tecniche (Indagini e rilievi, progettazione, direzione dei lavori, contabilità, coordinamento e sicurezza, spese oneri e accessori)	1.894,33	€
B.3	Incentivi per funzioni tecniche svolte dai dipendenti	114,69	€
B.4	Spese per prove, analisi e collaudi	1.045,15	€
B.5	Iva su somme a disposizione dell'amministrazione (22%)	671,92	€
B.6	Iva su importo dei lavori da appaltare (10%)	716,80	€
	Totale somma a disposizione dell'amministrazione	**4.999,57**	€
	IMPORTO TOTALE DI PROGETTO	**12.167,58**	€

5.3 Intervento 3 – Sostituzione dei serramenti

.

Altri punti deboli dell'involucro sono rappresentati dai serramenti, costituiti da due elementi:

- il vetro, la parte in cui si concentrano la maggior parte delle dispersioni termiche;
- il telaio, caratterizzato da dispersioni minori rispetto al vetro.

Gli infissi dell'involucro sono a vetro doppio e con telaio senza taglio termico, ciò comporta le condizioni per una tenuta all'aria non ottimale e una diminuzione del *comfort* termico; quindi la sostituzione di tali elementi rappresenta l'azione migliore per aumentare:

- l'efficienza energetica dell'edifico;
- la riduzione dei consumi energetici;
- il *comfort* termico interno.

I serramenti scelti avranno:

1) un telaio in PVC, che è stato adottato grazie ai costi contenuti e per le buone caratteristiche di isolamento, stabilità agli urti e resistenza agli agenti atmosferici;
2) vetro doppio con trattamento basso emissivo con riempimento ad aria.

Gli infissi che saranno installati sono costituiti da una percentuale dell'area di telaio pari al 20% dell'area dell'intera finestra, e avranno un Ug pari a 1,5 W/(m^{2}K) e Uf pari a 1,6 W/(m^{2}K).
E' stato calcolato il valore di trasmittanza termica (*Tabella 5.12)* di ogni serramento ed in seguito sono stati confrontati con i valori limite (*Tabella 5.11.a – 5.11.*b) imposti dal Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 – Appendice B (Allegato 1- Capitolo 4) e i limiti della Regione Piemonte[21].

Tabella 5.11.a – 5.11.b - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione(a), Valori limite di trasmittanza imposti dalla Regione Piemonte a destra (b)

Zona climatica	U [W/m^2 K]	
	2015	2021
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

	1° Livello	2° Livello
Trasmittanza termica delle strutture verticali opache	0,33	0,25
Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate	0,30	0,23
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti (valore medio vetro/telaio)	2,0	1,7
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti fronte strada dei locali ad uso non residenziale (valore medio vetro/telaio)	2,8	2,0

[21] Legge Regione Piemonte 28 maggio 2007, n.13

Tabella 5.12 - Trasmittanza dei serramenti dopo l'intervento

SERRAMENTI	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m^2]	Perimetro [m]	Uw [W/m^2K] UNI EN ISO 10077-1:2007
F1 (FINESTRA)	3.6	1.4	5.04	10	1.66
F2 (SCALA)	3.6	4	14.4	15.2	1.83
F3 (FINESTRA)	3.6	3.3	11.88	13.8	1.60
F4(SCALA)	3.6	3.9	14.04	15	1.73
F5 (FINESTRA)	1.6	2.15	3.44	7.5	1.73
F6 (SCALA)	3.6	3.4	12.24	14	1.79
F7 (FINESTRA)	1.1	1.8	1.98	5.8	1.79
F8 (FINESTRA)	3.6	2.5	9	12.2	1.70
F9 (FINESTRA)	1.1	2.15	2.365	6.5	1.78
F10 (FINESTRA)	1	1.4	1.4	4.8	1.70
F11 (FINESTRA)	2.2	1.4	3.08	7.2	1.64
F12 (SCALA)	3.4	4	13.6	14.8	1.83
F13 (SCALA)	3.4	3.9	13.26	14.6	1.79
F14 (FINESTRA)	0.7	2.7	1.89	6.8	1.71
F15 (FINESTRA)	2.6	0.8	2.08	6.8	1.77
F16 (FINESTRA)	1.6	0.8	1.28	4.8	1.78
F17 (SCALA)	3.4	3.4	11.56	13.6	1.81
F18 (FINESTRA)	6.6	1.4	9.24	16	1.66
F19 (FINESTRA)	0.7	0.7	0.49	2.8	1.82

PORTE-FINESTRE	Larghezza [m]	Altezza [m]	Area [m^2]	Perimetro [m]	Uw [W/m^2K] UNI EN ISO 10077-1:2007
P1	3.6	4	14.4	15.2	1.68
P2	3.6	3.4	12.24	14	1.69
P3	1.1	2.7	2.97	7.6	1.78
P4	1	3.7	3.7	9.4	1.71
P5	0.7	2.7	1.89	6.8	1.75
P6	1.1	2.3	2.53	6.8	1.6
P7	1.3	2.6	3.38	7.8	1.68

La sostituzione dei serramenti appartiene ad una riqualificazione importante, in quanto la superficie disperdente trasparente interessa il 35% dell'area dei prospetti *(Figura5.3)*, principalmente quello Est e Ovest.
Attraverso il procedimento precedentemente descritto è stato possibile valutare i costi dell'intervento *(Tabella 5.13-5.14-5.15).*

Tabella 5.13 - Computo metrico estimativo Intervento 3

Computo metrico estimativo Intervento 3- Sostituzione dei serramenti- Riferimento a Prezzario Regione Piemonte 2019						
	Codice	Descrizione	U.M.	Costo [€]	Area intervento [m^2]	Costo totale intervento [€]
	01.A02.C00.005	Rimozione di infissi di qualsiasi natura, in qualunque piano di fabbricato, comprese la discesa o la salita dei materiali, lo sgombro dei detriti, il trasporto degli stessi ad impianto di trattamento autorizzato, compreso la rimozione e l'accatastamento dei vetri nel caso di serramenti, computando le superfici prima della demolizione. Con una superficie di almeno 0,5 m^2.	m^2	12,68	1.958,83	24.837,96
	01.P08.B07,010	Serramenti esterni in PVC pluricamera antiurto con apertura a doppio effetto (doppia anta oppure anta e vastisas) e con sopraluce a vastisas, con marcatura CE (UNI EN 14351-1), di qualunque dimensione con spessore minimo della parete del profilo di mm 3, comprensivi di vetro montato tipo camera basso emissivo; profili fermavetro ad incastro, gocciolato, serratura, ferramenta ad incasso e maniglia in alluminio. Con trasmittanza termica comprensiva Uw =< 1,8 e>= 1,6 W/m^2K.Di superficie oltre 3,5 m^2.	m^2	260,00	1.958,83	509.295,80
	28.A05.D05.005	Nucleo abitativo per servizi di cantiere. Prefabbricato monoblocco ad uso ufficio, spogliatoi e servizi di cantiere. Caratteristiche: struttura di acciaio, parete perimetrale realizzata con pannello sandwich, dello spessore minimo di 40 mm, composto da lamiera preverniciata esterna ed interna e coibentazione di poliuretano espanso autoestinguente, divisioni interne realizzate come le perimetrali, pareti pavimento realizzato con pannelli in agglomerato di legno truciolare idrofugo di spessore mm 19, piano di calpestio in piastrelle in PVC , classe 1 di reazione al fuoco, copertura realizzata con lamiera zincata con calatoi a scomparsa nei quattro angoli, serramenti in alluminio preverniciato, vetri semidoppi porta d'ingresso completa di maniglie e/o maniglione antipanico, impianto elettrico a norma di legge da certificare. Sono compresi: l'uso per la durata delle fasi di lavoro che lo richiedono al fine di garantire la sicurezza e l'igiene dei lavoratori; il	Cad.	368,67		368,67

		montaggio e lo smontaggio anche quando, per motivi legati alla sicurezza dei lavoratori, queste azioni vengono ripetute più volte durante il corso dei lavori a seguito delle evoluzione dei medesimi; i documento che indica l'istruzione per l'uso e la manutenzione; i controlli periodici e il registro di manutenzione programmata; il trasporto presso il cantiere; la preparazione della base di appoggio; i collegamenti necessari (elettricità , impianto di terra acqua, gas, ecc.) quando previsti; l'uso dell'autogru per la movimentazione e la collocazione nell'area predefinita e per l'allontanamento a fine opera. Arredamento minimo: armadi, tavoli e sedie. Dimensione esterne massime m 2,40 x 6,40 x 2,45 circa (modello base) - Costo primo mese o frazione di mese.				
TOTALE [€]						534.502,43

Tabella 5.14 - Valutazione voci B.2, B.4

		V	G	Q	P	Costo [€]	Costo totale [€]
B.2	Rilievo dei manufatti	534.502,43	1,15	0,04	0,081	1.995,17	25.937,21
	Diagnosi energetica esclusi rilievi e indagini			0,02		997,59	
	Relazione generale e specialistiche, elaborati grafici, calcoli esecutivi			0,07		3.491,55	
	Computo metrico estimativo, quadro economico, elenco prezzi e eventuale analisi, quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera			0,04		1.995,17	
	Schema d contratto, capitolato d'appalto, cronoprogramma			0,04		1.995,17	
	Piano di manutenzione dell'opera			0,02		997,59	
	Piano di sicurezza e coordinamento			0,10		4.987,93	
	Supporto al RUP: per la supervisione e coordinamento della progettazione esecutiva			0,01		498,79	
	Supporto al RUP: per la verifica della progettazione esecutiva			0,13		6.484,30	
	Supporto al RUP: per la programmazione e progettazione appalto			0,04		1.995,17	
	Supporto al RUP: per la validazione del progetto			0,01		498,79	
B.4	Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione			0,32		15.961,36	19.951,70
	Collaudo tecnico amministrativo			0,08		3.990,34	

Tabella 5.15 - Quadro economico Intervento 3

QUADRO ECONOMICO INTERVENTO 3- Sostituzione dei serramenti			
A	**LAVORI A BASE D'APPALTO**		
A.1	Importo dei lavori a base di gara	480.720,39	€
A.2	Oneri della sicurezza (non soggetti a ribasso)	53.782,05	€
	Importo dei lavori da appaltare	**534.502,43**	€
B	**SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINITRAZIONE**		
B.1	Imprevisti IVA inclusa (10% dei Lavori a base di gara)	48.072,04	€
B.2	Spese tecniche (Indagini e rilievi, progettazione, direzione dei lavori, contabilità, coordinamento e sicurezza, spese oneri e accessori)	29.428,76	€
B.3	Incentivi per funzioni tecniche svolte dai dipendenti	8.552,04	€
B.4	Spese per prove, analisi e collaudi	19.951,70	€
B.5	Iva su somme a disposizione dell'amministrazione (22%)	12.745,15	€
B.6	Iva su importo dei lavori da appaltare (10%)	53.450,24	€
	Totale somma a disposizione dell'amministrazione	**172.199,94**	€
	IMPORTO TOTALE DI PROGETTO	**706.702,37**	€

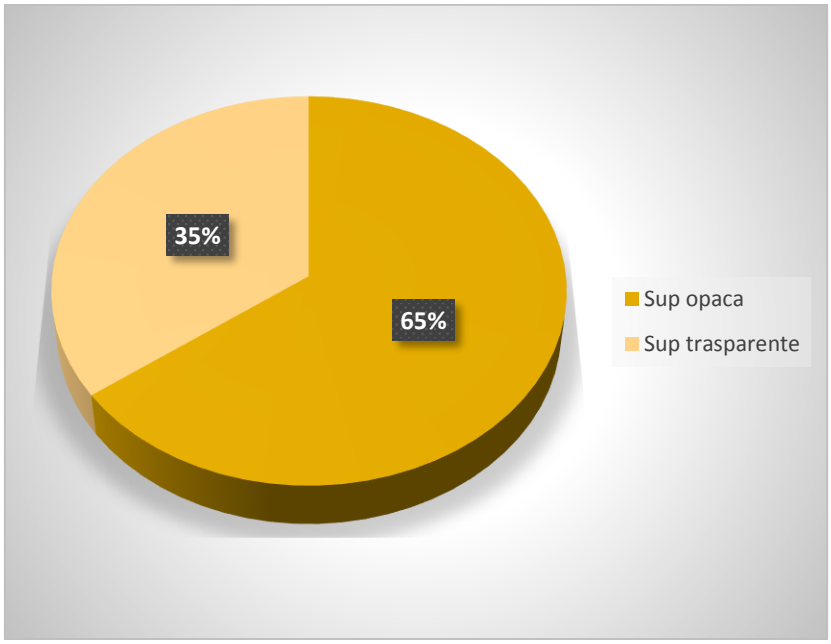

Figura 5.3 - Percentuali delle superfici disperdenti dei prospetti

5.4 Intervento 4 – Installazione delle valvole termostatiche

Le valvole termostatiche sono dispositivi, che installati su ciascun calorifero, consentono la regolazione della temperatura degli ambienti interni in maniera ottimale, infatti grazie a questi è possibile ottenere temperature differenti per ciascun locale che costituisce l'edificio.
Una volta che si imposta il grado desiderato sul termostato della valvola, questa regola il flusso di acqua all'interno dei termosifoni: se c'è calore in eccesso la valvola agirà facendo passare meno fluido termovettore, se invece l'ambiente presenta temperature inferiori, a quelle stabilite, essa si attiverà per poter produrre più acqua calda da far circolare nel calorifero, finché non viene raggiunta la temperatura desiderata.
In tale intervento si è considerato di installare le termovalvole su tutti i corpi scaldanti dell'edificio, in quanto installarle solo su alcuni non avrebbe molto senso poiché gli altri che ne sono sprovvisti potrebbero lavorare male, influenzando negativamente l'intero funzionamento dell'impianto.
Inoltre dato che l'edifico preso in considerazione è un istituto scolastico, tali potrebbero essere soggette ad atti di vandalismo o potrebbero essere utilizzate impropriamente.
Quindi per diminuire la possibilità che i ragazzi le danneggiano sarà necessario prevedere delle protezioni che limiteranno l'utilizzo al solo personale indicato dal responsabile dell'istituto.
Attraverso il procedimento precedentemente descritto è stato possibile valutare i costi dell'intervento *(Tabella 5.16 – 5.17- 5.18).*

Tabella 5.16 - Computo metrico estimativo Intervento 4

Costo Intervento 4-Installazione valvole termostatiche- Riferimento a Prezziario Regione Piemonte 2019						
	Codice	Descrizione	U.M.	Costo [€]	Area intervento [m^2]	Costo totale intervento [€]
	05.P13.H10.005	Comandi termostatici. Comando-termostatico programmabile.	Cad.	74,78	184	13.759,52
TOTALE [€]						13.759,52

Tabella 5.17 - Valutazione voci B.2, B.4

		V	G	Q	P	Costo [€]	Costo totale [€]
B.2	Rilievo dei manufatti	13.759,52	1,15	0,04	0,251	158,92	2.065,97
	Diagnosi energetica esclusi rilievi e indagini			0,02		79,46	
	Relazione generale e specialistiche, elaborati grafici, calcoli esecutivi			0,07		278,11	
	Computo metrico estimativo, quadro economico, elenco prezzi e eventuale analisi, quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera			0,04		158,92	
	Schema d contratto, capitolato d'appalto, cronoprogramma			0,04		158,92	
	Piano di manutenzione dell'opera			0,02		79,46	
	Piano di sicurezza e coordinamento			0,10		397,30	
	Supporto al RUP: per la supervisione e coordinamento della progettazione esecutiva			0,01		39,73	
	Supporto al RUP: per la verifica della progettazione esecutiva			0,13		516,49	
	Supporto al RUP: per la programmazione e progettazione appalto			0,04		158,92	
	Supporto al RUP: per la validazione del progetto			0,01		39,73	
B.4	Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione			0,32		1.271,37	1.589,21
	Collaudo tecnico amministrativo			0,08		317,84	

Tabella 5.18 - Quadro economico Intervento 4

QUADRO ECONOMICO INTERVENTO 4- Installazione valvole termostatiche			
A	**LAVORI A BASE D'APPALTO**		
A.1	Importo dei lavori a base di gara	12.383,57	€
A.2	Oneri della sicurezza (non soggetti a ribasso)	1.375,95	€
	Importo dei lavori da appaltare	**13.759,52**	€
B	**SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINITRAZIONE**		
B.1	Imprevisti IVA inclusa (10% dei Lavori a base di gara)	1.238,36	€
B.2	Spese tecniche (Indagini e rilievi, progettazione, direzione dei lavori, contabilità, coordinamento e sicurezza, spese oneri e accessori)	2.880,44	€
B.3	Incentivi per funzioni tecniche svolte dai dipendenti	220,15	€
B.4	Spese per prove, analisi e collaudi	1.589,21	€
B.5	Iva su somme a disposizione dell'amministrazione (22%)	1.031,76	€
B.6	Iva su importo dei lavori da appaltare (10%)	1.375,95	€
	Totale somma a disposizione dell'amministrazione	**8.335,87**	€
	IMPORTO TOTALE DI PROGETTO	**22.095,39**	€

Infine è stato possibile calcolare il costo totale degli interventi (*Tabella 5.19*), pari alla somma del costo di ogni singola soluzione migliorativa, ed il costo al m^2 ottenuto dal rapporto del costo totale e la superficie dell'intero edificio.

Tabella 5.19 - Costo totale interventi - costo al m^2

	COSTO TOTALE DI REALIZZAZIONE	COSTO TOTALE INTERVENTO	U.M.
Intervento 1	204.978,2	278.747,1	€
Intervento 2	7.168	12.167,6	€
Intervento 3	534.502,4	706.702,4	€
Intervento 4	13.759,5	22.095,4	€
Tutti interventi	760.408,2	1.019.712,5	€
Costo al m^2	143,4	192,3	€

6 Conclusioni

La diagnosi energetica è:

- "*Una procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati.* " [22]
- "*Un'ispezione sistematica ed analisi degli usi e consumi dell'energia di un sito, di un sistema o di una organizzazione finalizzata ad identificare i flussi energetici ed il potenziale per miglioramenti dell'efficienza energetica ed a riferire in merito ai risultati".*[23]

La seguente analisi è stata svolta seguendo il seguente schema *(Figura 6.1)*:

Figura 6.1 - Diagramma di flusso DE

La prestazione energetica dell'edificio è rappresentata attraverso l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile ($EP_{gl,nren)}$, che tiene conto del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile:

- per la climatizzazione invernale ($EP_{H,nren}$);
- per la produzione di ACS o acqua calda sanitaria ($EP_{W,nren}$);
- per l'illuminazione artificiale ($EP_{L,nren}$).

Attraverso tale indice e l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile di riferimento *standard* ($EP_{gl,nren,rif,standard}$), è stato possibile individuare la classe energetica dell'edificio, individuata attraverso la seguente tabella *(Figura 6.2).*

[22] D.L.gs. 4 luglio 2014, n.102 modificato con D.L.gs. 18 luglio 2016, n.141
[23] UNI CEI EN 16247-1

	Classe A4	$\leq 0{,}40\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$0{,}40\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe A3**	$\leq 0{,}60\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$0{,}60\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe A2**	$\leq 0{,}80\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$0{,}80\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe A1**	$\leq 1{,}00\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$1{,}00\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe B**	$\leq 1{,}20\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$1{,}20\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe C**	$\leq 1{,}50\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$1{,}50\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe D**	$\leq 2{,}00\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$2{,}00\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe E**	$\leq 2{,}60\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
$2{,}60\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)} <$	**Classe F**	$\leq 3{,}50\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$
	Classe G	$> 3{,}50\ EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$

Figura 6.2 - Calcolo classe energetica

Il risultato dell'analisi ha portato a classificare il nostro edificio in classe E *(Figura 6.3- Tabella 6.1)*, con un relativo $EPgl_{,nren}$ pari a 333,204 kWh/ m^2 anno.

Figura 6.3 - Classe energetica Istituto Nervi

Tabella 6.1 – Stato di fatto

	Classe energetica	Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile [KWh/m^2 anno]	Fabbisogno di energia primaria per riscaldamento [KWh]	Emissioni di CO_2 [kg CO_2/anno]
Stato di fatto	E	333,20	998.335,04	205.039,64

In seguito all'inserimento all'interno del modello degli interventi migliorativi, precedentemente descritti nel paragrafo 5, è stato possibile valutare le diverse classi energetiche raggiungibili e gli effettivi benefici *(Tabella 6.2)* che tali possono apportare al sistema edificio- impianto.

Tabella 6.2 - Confronto interventi migliorativi

	INTERVENTO PROPOSTO	1-Coibentazione della copertura	2-Coibentazione delle pareti	3- Sostituzione dei Serramenti	4- Installazione delle valvole termostatiche
EFFICACIA	Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile [KWh/m^2 anno]	306,20	330,66	297,00	290,72
	Classe energetica raggiungibile	D	E	D	D
	Fabbisogno annuo di energia primaria per riscaldamento [KWh]	919.152,20	990.468,72	890.826,12	872.919,77
	Risparmio annuo di energia primaria [KWh]	79.182,84	7.866,32	107.508,92	125.415,27
	Risparmio annuo di energia primaria [%]	8%	1%	11%	13%
COMPATIBILITA' AMBIENTALE	Emissioni di CO_2 evitate [$kgCO_2$/anno]	14.878,46	1.478,00	20.200,93	23.565,54
	Emissioni di CO_2 evitate [%]	7%	1%	10%	11%

Inoltre è stato valutato lo scenario comprendente tutti gli interventi precedentemente descritti, comportando un raggiungimento della sola classe energetica C (*Tabella 6.3)*.

Tabella 6.3 - Scenario con tutti gli interventi migliorativi

Scenario: - Int1 -Int2 -Int3 -Int4	Indice di prestazione energetica gobale non rinnovabile [KWh/m^2 anno]	Classe energetica raggiungibile	Fabbisogno annuo di energia primaria per riscaldamento [KWh]	Risparmio annuo di energia primaria [KWh]	Risparmio annuo di energia primaria [%]	Emissioni di CO_2 evitate [kgCO_2/anno]	Emissioni di CO_2 evitate [%]
	231,05	C	694.334,14	304.000,90	30%	57.121,79	28%

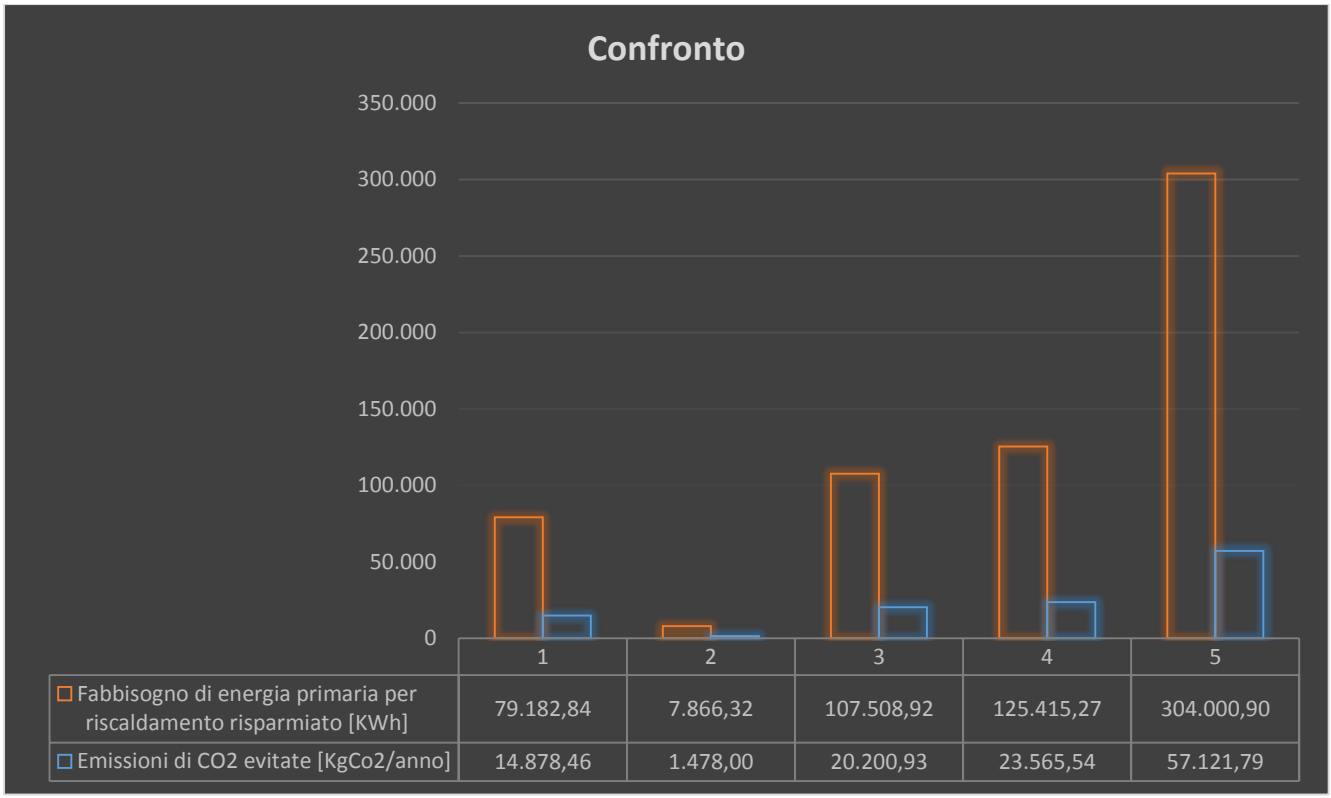

Figura 6.4 - Confronto di energia primaria risparmiata e CO_2 evitate

In conclusione è possibile affermare che tutti gli interventi (*Figura 6.4)* comportano una riduzione dei consumi, ma solo con l'installazione di valvole termostatiche si riescono ad ottenere risultati notevolmente migliori.

6.1 Analisi costi – benefici degli interventi proposti

In seguito alla simulazione dei possibili interventi migliorativi e alla quantificazione dei relativi risparmi energetici, si è proceduto alla valutazione di carattere economico delle varie proposte attraverso lo strumento dell'analisi costi- benefici.

Quest'ultima rappresenta l'insieme delle tecniche di valutazione dei progetti di investimento basate sulla misurazione e la comparazione di tutti i costi e benefici direttamente e indirettamente ricollegabili agli stessi.

Tale analisi è particolarmente utile alla Pubblica Amministrazione nel momento decisionale, poiché consente di effettuare la scelta dell'investimento più conveniente attraverso l'utilizzo di parametri economico finanziari definiti in modo oggettivo.

Infatti, in base ai risultati ottenuti è possibile stabilire se conviene investire o meno in una determinata soluzione ed inoltre consente di definire un ordine di priorità di investimento tra un elenco di possibili interventi.

Quindi per valutare la bontà di un investimento si considerano i seguenti indicatori economici:

- **il Valore Attuale Netto (VAN):** rappresenta il profitto generato dall'investimento, espresso in denaro ed è dato dalla somma dei flussi di cassa attesi attualizzati al tasso di rendimento previsto.
  L'opportunità di effettuare l'investimento dipende, quindi, dal VAN; e l'investimento viene considerato accettabile o comunque proponibile se VAN > 0.
  Conseguentemente, la scelta tra opportunità alternative di investimento deve privilegiare quella che presenta il VAN più elevato;
- **il Tasso Interno di Rendimento (TIR):** rappresenta il rendimento offerto dal progetto, calcolato sulla spesa iniziale in base ai flussi di cassa generati nei periodi successivi; il TIR è il tasso di sconto che rende il VAN uguale a zero.
- **il Tempo di ritorno semplice o Payback Period (TR o PBP):** rappresenta il numero di anni necessari per recuperare il capitale investito per realizzarlo ed è calcolato come rapporto tra l'importo dell'investimento e il flusso di cassa previsto.
- **il Tempo di ritorno attualizzato (TRA):** è il tempo entro il quale la sommatoria dei benefici calcolata al saggio di capitalizzazione fissato eguaglia la sommatoria dei costi.

Per ogni intervento migliorativo la valutazione degli indicatori economici è stata possibile partendo dai seguenti dati:

- il costo dell'investimento iniziale;
- il risparmio di combustibile annuo, convertito in moneta attraverso il costo del metano, quest'ultimo pari a 0,50 €/m^2.

All'interno dell'analisi è stata effettuata la stima:

- dei costi dell'energia,
- dei costi di manutenzione ordinaria : inizialmente sono stati posti pari al 0,3 % dell'investimento iniziale;
- dei costi di manutenzione straordinaria: inizialmente posti pari al 3% dell'investimento iniziale, inoltre sono stati ipotizzati al ventesimo anno per gli interventi sull'involucro e al settimo anno per l'intervento riguardante l'impianto.

Questi costi precedentemente elencati sono stati attualizzati prendendo in considerazione:

1. il tasso di inflazione del combustibile, pari al 2,30%[24] ;
2. il tasso di interesse con redditività di 25 anni, pari al 3,29%[25]
3. il tasso di inflazione generale, pari a 0,8%[26].

Infine sono stati calcolati gli indici tenendo conto anche del meccanismo di incentivazione: Conto termico (*Tabella 6.4, Tabella 6.5, Tabella 6.6, Tabella 6.7*) valutato attraverso il *Decreto MISE 16/02/2016* (*Figure 6.5*).

Tabella A – Soggetti ammessi e durata dell'incentivo in anni in base alla tipologia di intervento

Codice intervento	Tipologia di intervento	Soggetti ammessi	Durata dell'incentivo (anni)
1.A	Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato	Amministrazioni pubbliche	5
1.B	Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato	Amministrazioni pubbliche	5
1.C	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione	Amministrazioni pubbliche	5
1.D	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da ESE a O, fissi o mobili, non trasportabili	Amministrazioni pubbliche	5
1.E	Trasformazione "edifici a energia quasi zero"	Amministrazioni pubbliche	5
1.F	Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne esistenti con sistemi di illuminazione efficienti	Amministrazioni pubbliche	5
1.G	Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (*building automation*) degli impianti termici ed elettrici ivi inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore	Amministrazioni pubbliche	5

[24] www.repubblica.it
[25] www.rendimentibtp.it
[26] www.avvocatoandreani.it

Tabella 1 - Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso agli incentivi

Tipologia di intervento		Requisiti tecnici di soglia per la tecnologia	
Articolo 4, comma 1, lettera a)	*i.* Strutture opache orizzontali: isolamento coperture (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	≤ 0,27 W/m^2*K
		Zona climatica B	≤ 0,27 W/m^2*K
		Zona climatica C	≤ 0,27 W/m^2*K
		Zona climatica D	≤ 0,22 W/m^2*K
		Zona climatica E	≤ 0,20 W/m^2*K
		Zona climatica F	≤ 0,19 W/m^2*K
	ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	≤ 0,43 W/m^2*K
		Zona climatica B	≤ 0,40 W/m^2*K
		Zona climatica C	≤ 0,30 W/m^2*K
		Zona climatica D	≤ 0,28 W/m^2*K
		Zona climatica E	≤ 0,25 W/m^2*K
		Zona climatica F	≤ 0,23 W/m^2*K
	iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	≤ 0,38 W/m^2*K
		Zona climatica B	≤ 0,38 W/m^2*K
		Zona climatica C	≤ 0,30 W/m^2*K
		Zona climatica D	≤ 0,26 W/m^2*K
		Zona climatica E	≤ 0,23 W/m^2*K
		Zona climatica F	≤ 0,22 W/m^2*K
Articolo 4, comma 1, lettera b)	Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi (calcolo secondo le norme UNI ENISO 10077-1), se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	Zona climatica A	≤ 2,60 W/m^2*K
		Zona climatica B	≤ 2,60 W/m^2*K
		Zona climatica C	≤ 1,75 W/m^2*K
		Zona climatica D	≤ 1,67 W/m^2*K
		Zona climatica E	≤ 1,30 W/m^2*K
		Zona climatica F	≤ 1,00 W/m^2*K

1. Metodologia di calcolo per interventi di piccole dimensioni di incremento dell'efficienza energetica di cui all'articolo 4, comma 1

1.1 Per gli interventi di cui all'articolo 4, comma 1, lettere a), b) e d), del presente decreto, l'incentivo è calcolato secondo la seguente formula:

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

con

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

dove

S_{int} è la superficie oggetto dell'intervento, in metri quadrati;

C è il costo specifico effettivamente sostenuto per la tecnologia utilizzata nell'intervento definito dal rapporto tra spesa sostenuta in euro e superficie di intervento in metri quadrati. I valori massimi di C, ai fini del calcolo dell'incentivo massimo, sono indicati in Tabella 5;

$\%_{spesa}$ è la percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento, come espressa in Tabella 5;

I_{tot} è l'incentivo totale, cumulato per gli anni di godimento, connesso all'intervento in oggetto;

I_{max} è il valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale.

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile ($\%_{spesa}$)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	*i.* Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			(i+ii+iii) ≤ 400.000
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m^2	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m^2	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m^2	
	ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m^2	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m^2	
	iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m^2	
	Interno	40 (*) (**)	80 €/m^2	
	Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m^2	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	*i.* Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m^2 per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m^2 per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	*i.* Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int}$ <= 35 kWt	40 (**)	160 €/kW$_t$	3.000
	ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int}$ > 35 kWt	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m^2	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m^2	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	*i.* Trasformazione degli edifici esistenti in *"edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C*	65	500 €/m^2	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in *"edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F*	65	575 €/m^2	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	*i.* Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m^2	30.000
	ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m^2	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di *building automation*	40	25 €/m^2	50.000

(*) Per interventi realizzati nelle zone climatiche E e F la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 50%.
(**) Per interventi che prevedano, oltre ad un intervento di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), anche un intervento di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), o articolo 4, comma 2, lettere a), b), c) o e), la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55% per ognuno degli interventi.

4.1.5 - FASE 5 - Erogazione degli incentivi

Entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori, il GSE effettua l'istruttoria tecnico-amministrativa della documentazione ricevuta e, qualora ne ricorrano i presupposti, previa sottoscrizione della scheda-contratto a prenotazione, **eroga l'acconto**; alla conclusione dei lavori, dopo l'invio della richiesta e l'espletamento di tutti gli adempimenti previsti, eroga il saldo.

La rata di acconto viene erogata entro 60 giorni dalla sottoscrizione della *scheda-contratto a prenotazione*, per un ammontare pari ai due quinti dell'incentivo per interventi per i quali sia prevista l'erogazione in 5 anni, ovvero pari al 50% nel caso in cui la durata prevista dell'incentivo sia paria a 2 anni.

Figura 6.5 - Calcolo incentivi – Decreto MISE 16/02/2016

Tabella 6.4 - Calcolo incentivi – Intervento 1

Calcolo Incentivi (Decreto MISE 16/02/2016 - Conto termico) - Intervento 1				
Uintervento			0,171	W/m^{2}k
Requisiti di soglia per la tecnologia	Strutture opache orizzontali: isolamento coperture (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Z. Climatica		
		E	0,2	W/m^{2}K
Intervento ammissibile			SI	
% Spesa	Percentuale incentiva della spesa ammissibile		50%	
C	Costo specifico		95,77	€/m^2
Sint	Superficie intervento		1.596,00	m^2
Incentivo			76.423,66	€
Acconto (2/5 dell'incentivo)			30.569,46	€
Saldo (V° anno)			45.854,20	€

Tabella 6.5 - Calcolo incentivi – Intervento 2

Calcolo Incentivi (Decreto MISE 16/02/2016 - Conto termico) - Intervento 2				
Uintervento			0,157	W/m^{2}k
Requisiti di soglia per la tecnologia	Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali (Calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Z. Climatica		
		E	0,23	W/m^{2}K
Intervento ammissibile			SI	
% Spesa	Percentuale incentiva della spesa ammissibile		50%	
C	Costo specifico		56,39	€/m^2
Sint	Superficie intervento		98,72	m^2
Incentivo			2.783,39	€

Tabella 6.6 - Calcolo incentivi – Intervento 4

Calcolo Incentivi (Decreto MISE 16/02/2016 - Conto termico) - Intervento 3			
% Spesa	Percentuale incentiva della spesa ammissibile	40%	
C	Costo specifico	2,88	€/m^2
Sint	Superficie intervento	5.302,68	m^2
Incentivo		6.111,93	€
Acconto (2/5 dell'incentivo)		2.444,77	€
Saldo		3.667,16	€

Tabella 6.7 - Calcolo incentivi – Scenario –Realizzazione intervento1,2,3,4

Calcolo Incentivi (Decreto MISE 16/02/2016 - Conto termico) - Realizzazione di tutti gli interventi		
Incentivo	85.318,97	€
Acconto (2/5 dell'incentivo)	34.127,59	€
Saldo	51.191,38	€

L'intervento riguardante la sostituzione dei serramenti non rientra nel calcolo degli incentivi poiché non rispetta i valore di trasmittanza stabiliti da *Decreto MISE 16/02/2016.*

L'analisi ha conseguito i seguenti risultati (*Tabella 6.8*)

Tabella 6.8 - Analisi Costi-Benefici: Scenario –Realizzazione intervento1,2,3,4

INTERVENTO PROPOSTO	1-Coibentazione della copertura	2-Coibentazione delle pareti	3- Sostituzione dei Serramenti	4- Installazione delle valvole termostatiche	Scenario- Realizzazione di tutti gli interventi
Costo intervento [€]	278.747,14	12.167,58	766.423,18	22.085,39	1.079.433,30
Risparmio economico annuo [€]	4.021,72	399,53	5.460,00	6.369,87	15.440,28
Tempo di ritorno semplice	> 25	> 25	> 25	3,50	> 25
Interventi non comprensivi del meccanismo di incentivazione					
Tempo di ritorno attualizzato	> 25	> 25	> 25	3,4	> 25

VAN a 10 anni [€]	-245.935,53	-8.632,57	-734.432,47	38.036,66	-960.286,55
TIR a 10 anni [%]	-25,4%	-15,8%	-34,3%	27,4%	-26%
VAN a 25 anni [€]	-212.501,93	-4.053,24	-725.446,90	111.088,35	-853.028,23
TIR a 25 anni [%]	-7,5%	-0,6%	-17%	30%	-8,2%
Interventi comprensivi del meccanismo di incentivazione (Conto Termico)					
Tempo di ritorno attualizzato	> 25	22,2		3,00	> 25
VAN a 10 anni [€]	-174.817,86	-5.849,18		43.724,25	-880.891,17
TIR a 10 anni [%]	-17,3%	-12,6%		33,3%	-23,7%
VAN a 25 anni [€]	-141.384,26	-1.269,85		116.775,93	-773.632,85
TIR a 25 anni [%]	-5,2%	1,3%		35,1%	-7,6%

Per ogni operazione di efficientemente energetico è stato messo in evidenza l'analisi costi benefici sia in assenza di incentivi sia attraverso il ricorso delle fonti incentivanti.

Intervento 1 – Coibentazione della copertura piana (*Figura 6.6, Tabella 6.9, Tabella 6.10)*

Tabella 6.9 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 1

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-278.747,14	-278.747,14	-278.747,14	-278.747,14	-278.747,14	
1	4.021,72	-836,24	3.185,48	-275.561,66	3.108,09	-275.639,05	
2	4.114,22	-842,93	3.271,29	-272.290,37	3.114,27	-272.524,79	
3	4.208,85	-849,67	3.359,17	-268.931,20	3.120,24	-269.404,55	
4	4.305,65	-856,47	3.449,18	-265.482,02	3.126,00	-266.278,54	
5	4.404,68	-863,32	3.541,36	-261.940,67	3.131,57	-263.146,97	
6	4.505,99	-870,23	3.635,76	-258.304,91	3.136,94	-260.010,04	
7	4.609,63	877,19	5.486,82	-252.818,09	4.619,02	-255.391,01	
8	4.715,65	-884,21	3.831,44	-248.986,66	3.147,09	-252.243,92	
9	4.824,11	-891,28	3.932,82	-245.053,83	3.151,89	-249.092,03	
10	4.935,06	-898,41	4.036,65	-241.017,19	3.156,50	-245.935,53	
11	5.048,57	-905,60	4.142,97	-236.874,22	3.160,93	-242.774,60	
12	5.164,68	-912,85	4.251,84	-232.622,38	3.165,18	-239.609,41	
13	5.283,47	-920,15	4.363,32	-228.259,06	3.169,26	-236.440,15	
14	5.404,99	-927,51	4.477,48	-223.781,57	3.173,17	-233.266,99	
15	5.529,31	934,93	6.464,24	-217.317,34	4.469,87	-228.797,12	
16	5.656,48	-942,41	4.714,07	-212.603,27	3.180,48	-225.616,64	
17	5.786,58	-949,95	4.836,63	-207.766,64	3.183,89	-222.432,75	
18	5.919,67	-957,55	4.962,12	-202.804,51	3.187,14	-219.245,62	
19	6.055,82	-965,21	5.090,62	-197.713,90	3.190,23	-216.055,39	
20	6.195,11	-26.558,16	-20.363,05	-218.076,95	-12.451,25	-228.506,64	
21	6.337,60	-980,71	5.356,88	-212.720,07	3.195,96	-225.310,68	
22	6.483,36	-988,56	5.494,80	-207.225,27	3.198,59	-222.112,09	
23	6.632,48	-996,47	5.636,01	-201.589,26	3.201,09	-218.911,00	
24	6.785,02	-1.004,44	5.780,58	-195.808,67	3.203,44	-215.707,57	
25	6.941,08	-1.012,48	5.928,60	-189.880,07	3.205,64	-212.501,93	

Tabella 6.10 - Flussi di cassa – Con incentivi – Intervento 1

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Incentivi [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-278.747,14	30.569,46	-248.177,68	-248.177,68	-248.177,68	-248.177,68	
1	4.021,72	-836,24	0	3.185,48	-244.992,20	3.108,09	-245.069,59	
2	4.114,22	-842,93	0	3.271,29	-241.720,91	3.114,27	-241.955,32	
3	4.208,85	-849,67	0	3.359,17	-238.361,74	3.120,24	-238.835,08	
4	4.305,65	-856,47	0	3.449,18	-234.912,56	3.126,00	-235.709,08	
5	4.404,68	-863,32	45.854,20	49.395,55	-185.517,01	43.679,77	-192.029,31	
6	4.505,99	-870,23	0	3.635,76	-181.881,25	3.136,94	-188.892,37	
7	4.609,63	877,19	0	5.486,82	-176.394,43	4.619,02	-184.273,35	
8	4.715,65	-884,21	0	3.831,44	-172.563,00	3.147,09	-181.126,25	
9	4.824,11	-891,28	0	3.932,82	-168.630,17	3.151,89	-177.974,36	
10	4.935,06	-898,41	0	4.036,65	-164.593,53	3.156,50	-174.817,86	
11	5.048,57	-905,60	0	4.142,97	-160.450,56	3.160,93	-171.656,93	
12	5.164,68	-912,85	0	4.251,84	-156.198,72	3.165,18	-168.491,75	
13	5.283,47	-920,15	0	4.363,32	-151.835,40	3.169,26	-165.322,49	
14	5.404,99	-927,51	0	4.477,48	-147.357,91	3.173,17	-162.149,32	
15	5.529,31	934,93	0	6.464,24	-140.893,68	4.469,87	-157.679,45	
16	5.656,48	-942,41	0	4.714,07	-136.179,61	3.180,48	-154.498,97	
17	5.786,58	-949,95	0	4.836,63	-131.342,98	3.183,89	-151.315,09	
18	5.919,67	-957,55	0	4.962,12	-126.380,85	3.187,14	-148.127,95	
19	6.055,82	-965,21	0	5.090,62	-121.290,24	3.190,23	-144.937,72	
20	6.195,11	-26.558,16	0	-20.363,05	-141.653,29	-12.451,25	-157.388,97	
21	6.337,60	-980,71	0	5.356,88	-136.296,41	3.195,96	-154.193,02	
22	6.483,36	-988,56	0	5.494,80	-130.801,61	3.198,59	-150.994,42	
23	6.632,48	-996,47	0	5.636,01	-125.165,60	3.201,09	-147.793,34	
24	6.785,02	-1.004,44	0	5.780,58	-119.385,01	3.203,44	-144.589,90	
25	6.941,08	-1.012,48	0	5.928,60	-113.456,41	3.205,64	-141.384,26	

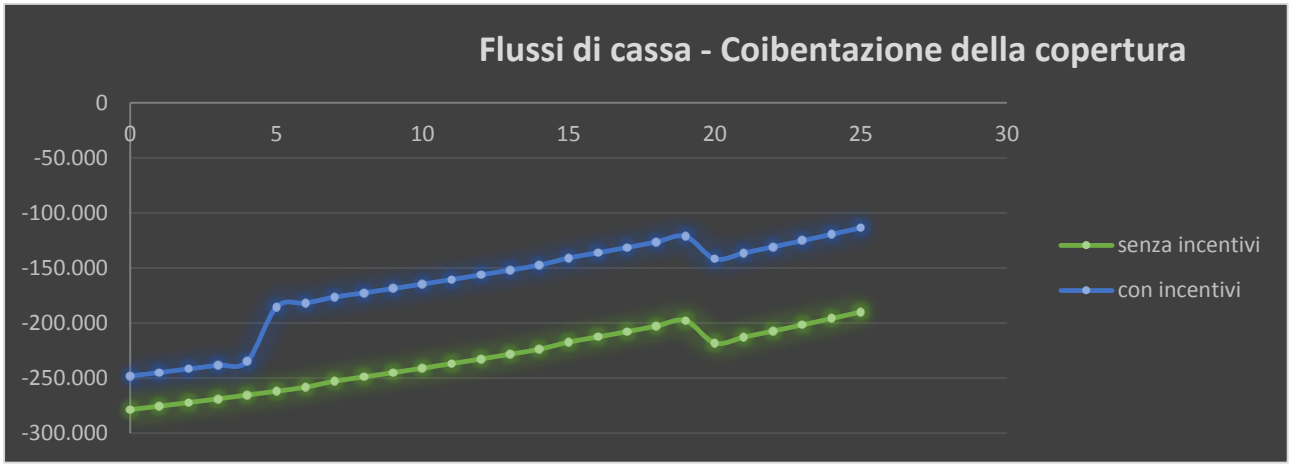

Figura 6.6 - Flussi di cassa –Intervento 1

Intervento 2– Coibentazione delle pareti opache (*Figura 6.7, Tabella 6.11, Tabella 6.12)*

Tabella 6.11 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 2

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-12.167,58	-12.167,58	-12.167,58	-12.167,58	-12.167,58	
1	399,53	-36,50	363,03	-11.804,55	354,21	-11.813,37	
2	408,72	-36,79	371,92	-11.432,63	354,07	-11.459,30	
3	418,12	-37,09	381,03	-11.051,60	353,93	-11.105,37	
4	427,74	-37,39	390,35	-10.661,25	353,78	-10.751,60	
5	437,57	-37,68	399,89	-10.261,36	353,62	-10.397,98	
6	447,64	-37,99	409,65	-9.851,71	353,45	-10.044,53	
7	457,93	-38,29	419,64	-9.432,06	353,27	-9.691,26	
8	468,47	-38,60	429,87	-9.002,19	353,09	-9.338,17	
9	479,24	-38,91	440,34	-8.561,85	352,90	-8.985,27	
10	490,26	-39,22	451,05	-8.110,81	352,70	-8.632,57	
11	501,54	-39,53	462,01	-7.648,80	352,50	-8.280,07	
12	513,08	-39,85	473,23	-7.175,57	352,28	-7.927,79	
13	524,88	-40,17	484,71	-6.690,86	352,07	-7.575,72	
14	536,95	-40,49	496,46	-6.194,40	351,84	-7.223,88	
15	549,30	-40,81	508,49	-5.685,91	351,61	-6.872,27	
16	561,93	-41,14	520,80	-5.165,11	351,37	-6.520,90	
17	574,86	-41,47	533,39	-4.631,72	351,12	-6.169,78	
18	588,08	-41,80	546,28	-4.085,44	350,87	-5.818,91	
19	601,60	-42,13	559,47	-3.525,97	350,61	-5.468,29	
20	615,44	-1.159,29	-543,85	-4.069,82	-332,54	-5.800,84	
21	629,60	-42,81	586,79	-3.483,03	350,08	-5.450,76	
22	644,08	-43,15	600,93	-2.882,11	349,81	-5.100,95	
23	658,89	-43,50	615,39	-2.266,71	349,53	-4.751,42	
24	674,05	-43,84	630,20	-1.636,51	349,24	-4.402,18	
25	689,55	-44,20	645,35	-991,16	348,95	-4.053,24	

Tabella 6.12 - Flussi di cassa – Con incentivi – Intervento 2

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Incentivi [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-12.167,58	2.783,39	-9.384,20	-9.384,20	-9.384,20	-9.384,20	
1	399,53	-36,50	0	363,03	-9.021,17	354,21	-9.029,99	
2	408,72	-36,79	0	371,92	-8.649,24	354,07	-8.675,92	
3	418,12	-37,09	0	381,03	-8.268,21	353,93	-8.321,99	
4	427,74	-37,39	0	390,35	-7.877,86	353,78	-7.968,21	
5	437,57	-37,68	0,00	399,89	-7.477,97	353,62	-7.614,59	
6	447,64	-37,99	0	409,65	-7.068,32	353,45	-7.261,15	
7	457,93	-38,29	0	419,64	-6.648,68	353,27	-6.907,87	
8	468,47	-38,60	0	429,87	-6.218,81	353,09	-6.554,78	
9	479,24	-38,91	0	440,34	-5.778,47	352,90	-6.201,88	
10	490,26	-39,22	0	451,05	-5.327,42	352,70	-5.849,18	
11	501,54	-39,53	0	462,01	-4.865,41	352,50	-5.496,68	
12	513,08	-39,85	0	473,23	-4.392,18	352,28	-5.144,40	
13	524,88	-40,17	0	484,71	-3.907,47	352,07	-4.792,33	
14	536,95	-40,49	0	496,46	-3.411,01	351,84	-4.440,50	
15	549,30	-40,81	0	508,49	-2.902,52	351,61	-4.088,89	
16	561,93	-41,14	0	520,80	-2.381,73	351,37	-3.737,52	
17	574,86	-41,47	0	533,39	-1.848,34	351,12	-3.386,40	
18	588,08	-41,80	0	546,28	-1.302,06	350,87	-3.035,52	
19	601,60	-42,13	0	559,47	-742,59	350,61	-2.684,91	
20	615,44	-1.159,29	0	-543,85	-1.286,43	-332,54	-3.017,45	
21	629,60	-42,81	0	586,79	-699,65	350,08	-2.667,37	
22	644,08	-43,15	0	600,93	-98,72	349,81	-2.317,56	22,16
23	658,89	-43,50	0	615,39	516,67	349,53	-1.968,04	
24	674,05	-43,84	0	630,20	1.146,87	349,24	-1.618,80	
25	689,55	-44,20	0	645,35	1.792,23	348,95	-1.269,85	

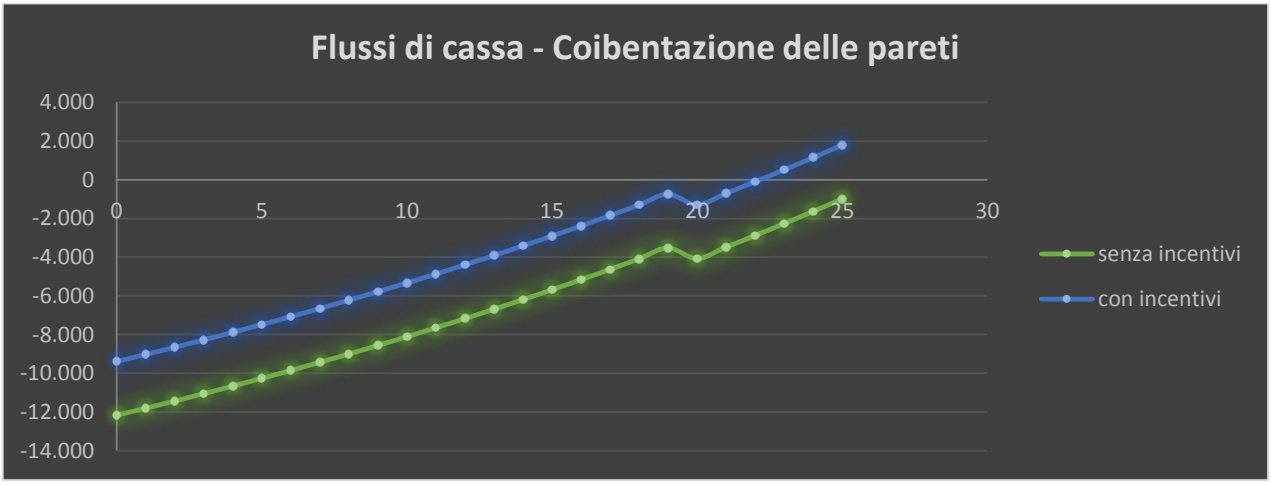

Figura 6.7 - Flussi di cassa –Intervento 2

Intervento 3– Sostituzione dei serramenti (*Figura 6.8, Tabella 6.13)*

Tabella 6.13 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 3

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-706.702,40	-706.702,40	-706.702,40	-706.702,40	-706.702,40	
1	5.460,00	-2.120,11	3.339,89	-703.362,51	3.258,75	-703.443,65	
2	5.585,58	-2.137,07	3.448,51	-699.914,00	3.282,98	-700.160,67	
3	5.714,05	-2.154,16	3.559,88	-696.354,11	3.306,67	-696.853,99	
4	5.845,47	-2.171,40	3.674,07	-692.680,04	3.329,83	-693.524,16	
5	5.979,92	-2.188,77	3.791,15	-688.888,89	3.352,46	-690.171,71	
6	6.117,46	-2.206,28	3.911,18	-684.977,71	3.374,57	-686.797,14	
7	6.258,16	-2.223,93	4.034,23	-680.943,49	3.396,17	-683.400,96	
8	6.402,09	-2.241,72	4.160,37	-676.783,11	3.417,28	-679.983,68	
9	6.549,34	-2.259,65	4.289,69	-672.493,42	3.437,89	-676.545,79	
10	6.699,98	-2.277,73	4.422,25	-668.071,18	3.458,02	-673.087,77	
11	6.854,08	-2.295,95	4.558,12	-663.513,06	3.477,68	-669.610,09	
12	7.011,72	-2.314,32	4.697,40	-658.815,66	3.496,87	-666.113,22	
13	7.172,99	-2.332,84	4.840,15	-653.975,50	3.515,60	-662.597,61	
14	7.337,97	-2.351,50	4.986,47	-648.989,03	3.533,88	-659.063,73	
15	7.506,74	-2.370,31	5.136,43	-643.852,60	3.551,72	-655.512,01	
16	7.679,40	-2.389,27	5.290,12	-638.562,48	3.569,13	-651.942,88	
17	7.856,02	-2.408,39	5.447,64	-633.114,84	3.586,10	-648.356,78	
18	8.036,71	-2.427,65	5.609,06	-627.505,78	3.602,66	-644.754,12	
19	8.221,56	-2.447,08	5.774,48	-621.731,30	3.618,80	-641.135,32	
20	8.410,65	-67.332,40	-58.921,75	-680.653,05	-36.028,47	-677.163,79	
21	8.604,10	-2.486,39	6.117,71	-674.535,34	3.649,87	-673.513,91	
22	8.801,99	-2.506,28	6.295,72	-668.239,62	3.664,82	-669.849,10	
23	9.004,44	-2.526,33	6.478,11	-661.761,51	3.679,37	-666.169,72	
24	9.211,54	-2.546,54	6.665,00	-655.096,51	3.693,55	-662.476,17	
25	9.423,40	-2.566,91	6.856,50	-648.240,02	3.707,36	-658.768,81	

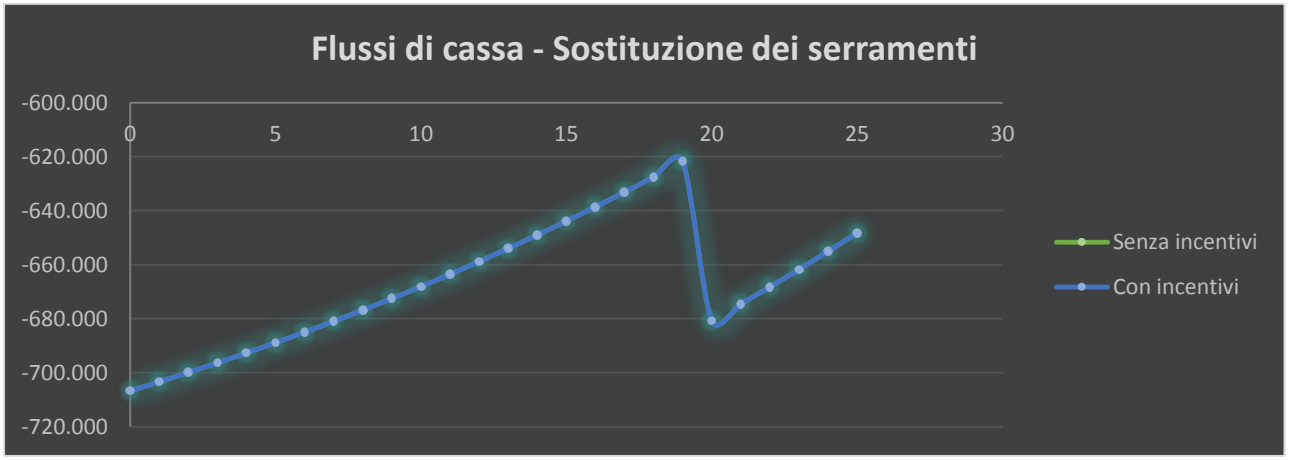

Figura 6.8 - Flussi di cassa –Intervento 3

Intervento 4– Installazione delle valvole termostatiche (*Figura 6.9, Tabella 6.14, Tabella 6.15)*

Tabella 6 14 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 4

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-22.095,39	-22.095,39	-22.095,39	-22.095,39	-22.095,39	
1	6.369,87	-66,29	6.303,58	-15.791,81	6.150,44	-15.944,95	
2	6.516,38	-66,82	6.449,56	-9.342,25	6.139,98	-9.804,97	
3	6.666,25	-67,35	6.598,90	-2.743,34	6.129,53	-3.675,44	3,41
4	6.819,58	-67,89	6.751,69	4.008,34	6.119,08	2.443,64	
5	6.976,43	-68,43	6.907,99	10.916,34	6.108,64	8.552,29	
6	7.136,89	-68,98	7.067,91	17.984,24	6.098,20	14.650,49	
7	7.301,03	-1.141,40	6.159,64	24.143,88	5.185,43	19.835,92	
8	7.468,96	-70,09	7.398,87	31.542,75	6.077,34	25.913,25	
9	7.640,74	-70,65	7.570,09	39.112,85	6.066,91	31.980,17	
10	7.816,48	-71,21	7.745,27	46.858,11	6.056,50	38.036,66	
11	7.996,26	-71,78	7.924,48	54.782,59	6.046,08	44.082,75	
12	8.180,17	-72,36	8.107,82	62.890,40	6.035,68	50.118,42	
13	8.368,32	-72,94	8.295,38	71.185,78	6.025,28	56.143,70	
14	8.560,79	-73,52	8.487,27	79.673,05	6.014,88	62.158,58	
15	8.757,69	-22.169,50	-13.411,81	66.261,24	-9.273,96	52.884,62	
16	8.959,11	-74,70	8.884,41	75.145,65	5.994,11	58.878,74	
17	9.165,17	-75,30	9.089,87	84.235,53	5.983,74	64.862,47	
18	9.375,97	-75,90	9.300,07	93.535,60	5.973,37	70.835,84	
19	9.591,62	-76,51	9.515,11	103.050,71	5.963,01	76.798,85	
20	9.812,23	-77,12	9.735,11	112.785,82	5.952,66	82.751,51	
21	10.037,91	-77,74	9.960,17	122.745,99	5.942,31	88.693,82	
22	10.268,78	-2.262,52	8.006,26	130.752,25	4.660,55	93.354,37	
23	10.504,96	-78,99	10.425,98	141.178,23	5.921,65	99.276,01	
24	10.746,58	-79,62	10.666,96	151.845,19	5.911,32	105.187,34	
25	10.993,75	-80,26	10.913,49	162.758,68	5.901,01	111.088,35	

Tabella 6.15 - Flussi di cassa – Con incentivi – Intervento 4

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Incentivi [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-22.095,39	2.444,77	-19.650,62	-19.650,62	-19.650,62	-19.650,62	
1	6.369,87	-66,29	0	6.303,58	-13.347,04	6.150,44	-13.500,18	
2	6.516,38	-66,82	0	6.449,56	-6.897,48	6.139,98	-7.360,20	
3	6.666,25	-67,35	0	6.598,90	-298,57	6.129,53	-1.230,67	3,04
4	6.819,58	-67,89	0	6.751,69	6.453,11	6.119,08	4.888,42	
5	6.976,43	-68,43	3.667,16	10.575,15	17.028,27	9.351,45	14.239,87	
6	7.136,89	-68,98	0	7.067,91	24.096,17	6.098,20	20.338,07	
7	7.301,03	-1.141,40	0	6.159,64	30.255,81	5.185,43	25.523,50	
8	7.468,96	-70,09	0	7.398,87	37.654,68	6.077,34	31.600,84	
9	7.640,74	-70,65	0	7.570,09	45.224,77	6.066,91	37.667,75	
10	7.816,48	-71,21	0	7.745,27	52.970,04	6.056,50	43.724,25	
11	7.996,26	-71,78	0	7.924,48	60.894,51	6.046,08	49.770,33	
12	8.180,17	-72,36	0	8.107,82	69.002,33	6.035,68	55.806,01	
13	8.368,32	-72,94	0	8.295,38	77.297,71	6.025,28	61.831,28	
14	8.560,79	-73,52	0	8.487,27	85.784,98	6.014,88	67.846,16	
15	8.757,69	-22.169,50	0	-13.411,81	72.373,17	-9.273,96	58.572,21	
16	8.959,11	-74,70	0	8.884,41	81.257,58	5.994,11	64.566,32	
17	9.165,17	-75,30	0	9.089,87	90.347,45	5.983,74	70.550,06	
18	9.375,97	-75,90	0	9.300,07	99.647,53	5.973,37	76.523,42	
19	9.591,62	-76,51	0	9.515,11	109.162,64	5.963,01	82.486,43	
20	9.812,23	-77,12	0	9.735,11	118.897,74	5.952,66	88.439,09	
21	10.037,91	-77,74	0	9.960,17	128.857,91	5.942,31	94.381,40	
22	10.268,78	-2.262,52	0	8.006,26	136.864,18	4.660,55	99.041,95	
23	10.504,96	-78,99	0	10.425,98	147.290,15	5.921,65	104.963,60	
24	10.746,58	-79,62	0	10.666,96	157.957,11	5.911,32	110.874,92	
25	10.993,75	-80,26	0	10.913,49	168.870,60	5.901,01	116.775,93	

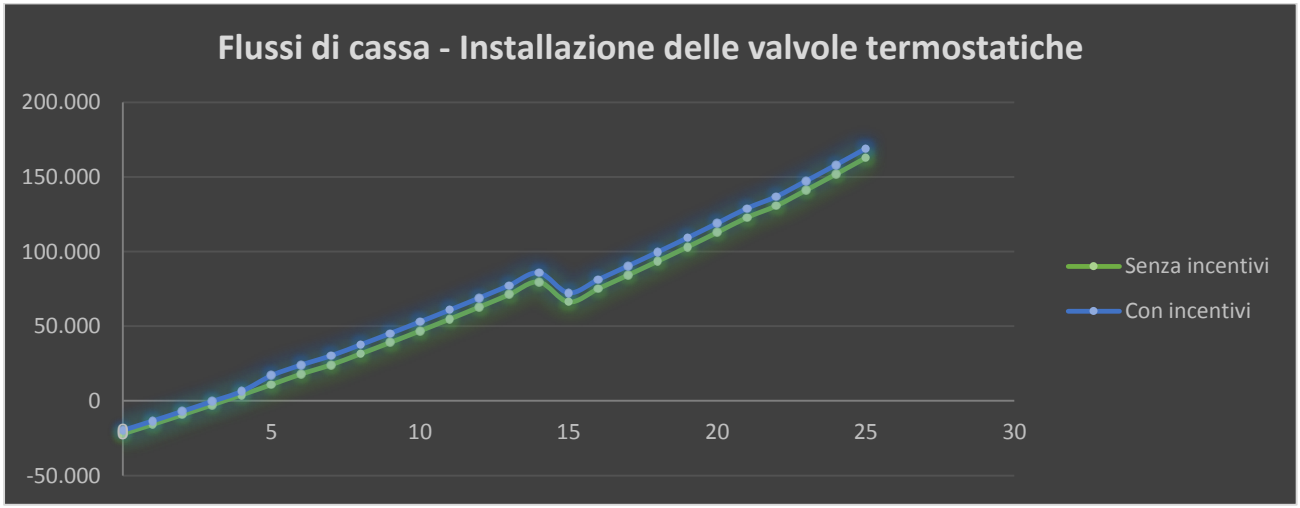

Figura 6.9 - Flussi di cassa –Intervento 4

Scenario– Realizzazione di tutti gli interventi (*Figura 6.10, Tabella 6.16, Tabella 6.17)*

Tabella 6.16 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Scenario

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-1.019.712,5	-1.019.712,50	-1.019.712,50	-1.019.712,50	-1.019.712,50	-1.019.712,50
1	15.440,28	-3.059,14	12.381,14	-1.007.331,36	12.080,34	-1.007.632,16	-3.059,14
2	15.795,41	-3.083,61	12.711,80	-994.619,56	12.101,63	-995.530,53	-3.083,61
3	16.158,70	-3.108,28	13.050,42	-981.569,14	12.122,16	-983.408,37	-3.108,28
4	16.530,35	-3.133,15	13.397,21	-968.171,94	12.141,94	-971.266,42	-3.133,15
5	16.910,55	-3.158,21	13.752,34	-954.419,60	12.160,99	-959.105,43	-3.158,21
6	17.299,49	-3.183,48	14.116,01	-940.303,58	12.179,32	-946.926,10	-3.183,48
7	17.697,38	-4.280,80	13.416,58	-926.887,01	11.294,61	-935.631,49	-4.280,80
8	18.104,42	-3.234,62	14.869,80	-912.017,20	12.213,87	-923.417,62	-3.234,62
9	18.520,82	-3.260,49	15.260,33	-896.756,87	12.230,11	-911.187,51	-3.260,49
10	18.946,80	-3.286,58	15.660,22	-881.096,65	12.245,68	-898.941,83	-3.286,58
11	19.382,58	-3.312,87	16.069,71	-865.026,94	12.260,59	-886.681,23	-3.312,87
12	19.828,38	-3.339,37	16.489,00	-848.537,94	12.274,86	-874.406,38	-3.339,37
13	20.284,43	-3.366,09	16.918,34	-831.619,60	12.288,49	-862.117,89	-3.366,09
14	20.750,97	-3.393,02	17.357,95	-814.261,65	12.301,49	-849.816,40	-3.393,02
15	21.228,24	-25.515,55	-4.287,31	-818.548,95	-2.964,57	-852.780,98	-25.515,55
16	21.716,49	-3.447,52	18.268,97	-800.279,98	12.325,66	-840.455,32	-3.447,52
17	22.215,97	-3.475,10	18.740,87	-781.539,11	12.336,85	-828.118,46	-3.475,10
18	22.726,94	-3.502,90	19.224,04	-762.315,08	12.347,46	-815.771,00	-3.502,90
19	23.249,66	-3.530,93	19.718,73	-742.596,34	12.357,50	-803.413,50	-3.530,93
20	23.784,40	-100.608,40	-76.824,00	-819.420,35	-46.975,03	-850.388,53	-100.608,40
21	24.331,44	-3.587,65	20.743,80	-798.676,55	12.375,90	-838.012,63	-3.587,65
22	24.891,07	-5.800,51	19.090,56	-779.585,99	11.112,86	-826.899,77	-5.800,51
23	25.463,56	-3.645,28	21.818,28	-757.767,71	12.392,14	-814.507,63	-3.645,28
24	26.049,22	-3.674,44	22.374,78	-735.392,93	12.399,47	-802.108,17	-3.674,44
25	26.648,35	-3.703,84	22.944,52	-712.448,41	12.406,28	-789.701,89	-3.703,84

Tabella 6.17 - Flussi di cassa – Con incentivi – Scenario

Anno	Risparmio energia [€]	Uscite [€]	Incentivi [€]	Flussi cassa non attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati non attualizzati [€]	Flussi cassa attualizzati [€]	Flussi cassa cumulati attualizzati [€]	Tempo di ritorno
0	0	-1.019.712,5	34.127,59	-985.584,91	-985.584,91	-985.584,91	-985.584,91	
1	15.440,28	-3.059,14	0	12.381,14	-973.203,77	12.080,34	-973.504,57	
2	15.795,41	-3.083,61	0	12.711,80	-960.491,97	12.101,63	-961.402,94	
3	16.158,70	-3.108,28	0	13.050,42	-947.441,55	12.122,16	-949.280,78	
4	16.530,35	-3.133,15	0	13.397,21	-934.044,35	12.141,94	-937.138,83	
5	16.910,55	-3.158,21	51.191,38	64.943,72	-869.100,63	57.428,79	-879.710,04	
6	17.299,49	-3.183,48	0	14.116,01	-854.984,61	12.179,32	-867.530,72	
7	17.697,38	-4.280,80	0	13.416,58	-841.568,04	11.294,61	-856.236,11	
8	18.104,42	-3.234,62	0	14.869,80	-826.698,23	12.213,87	-844.022,24	
9	18.520,82	-3.260,49	0	15.260,33	-811.437,90	12.230,11	-831.792,12	
10	18.946,80	-3.286,58	0	15.660,22	-795.777,68	12.245,68	-819.546,44	
11	19.382,58	-3.312,87	0	16.069,71	-779.707,97	12.260,59	-807.285,85	
12	19.828,38	-3.339,37	0	16.489,00	-763.218,97	12.274,86	-795.010,99	
13	20.284,43	-3.366,09	0	16.918,34	-746.300,63	12.288,49	-782.722,50	
14	20.750,97	-3.393,02	0	17.357,95	-728.942,67	12.301,49	-770.421,01	
15	21.228,24	-25.515,55	0	-4.287,31	-733.229,98	-2.964,57	-773.385,59	
16	21.716,49	-3.447,52	0	18.268,97	-714.961,01	12.325,66	-761.059,93	
17	22.215,97	-3.475,10	0	18.740,87	-696.220,14	12.336,85	-748.723,08	
18	22.726,94	-3.502,90	0	19.224,04	-676.996,11	12.347,46	-736.375,61	
19	23.249,66	-3.530,93	0	19.718,73	-657.277,37	12.357,50	-724.018,11	
20	23.784,40	-100.608,40	0	-76.824,00	-734.101,38	-46.975,03	-770.993,14	
21	24.331,44	-3.587,65	0	20.743,80	-713.357,58	12.375,90	-758.617,24	
22	24.891,07	-5.800,51	0	19.090,56	-694.267,02	11.112,86	-747.504,38	
23	25.463,56	-3.645,28	0	21.818,28	-672.448,74	12.392,14	-735.112,25	
24	26.049,22	-3.674,44	0	22.374,78	-650.073,96	12.399,47	-722.712,78	
25	26.648,35	-3.703,84	0	22.944,52	-627.129,44	12.406,28	-710.306,50	

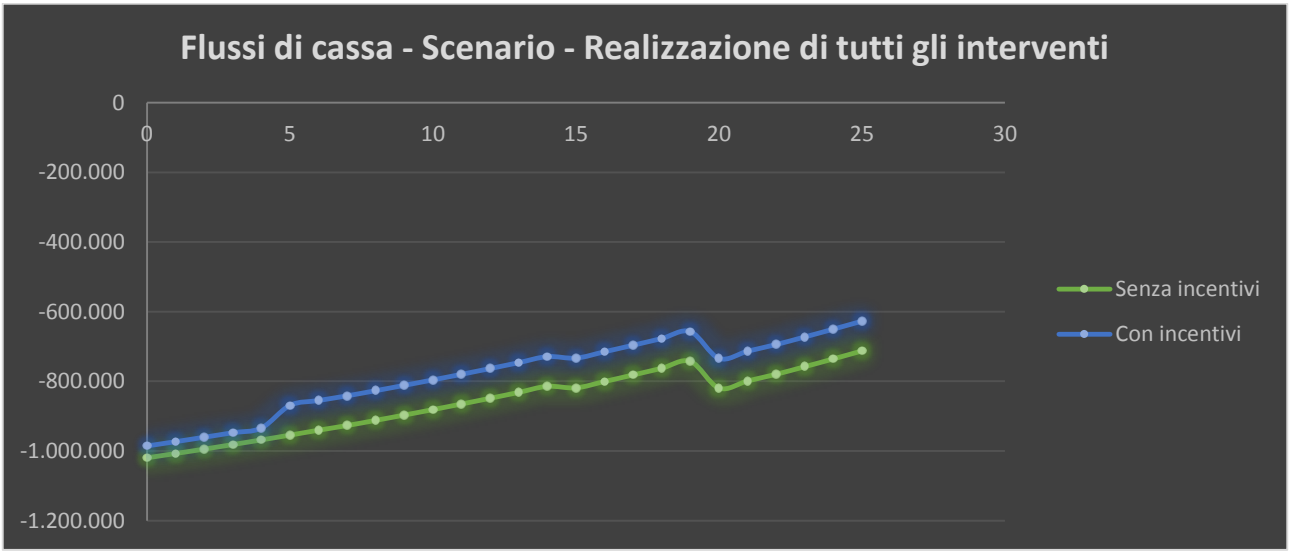

Figura 6.10 - Flussi di cassa –Scenario – Realizzazione di tutti gli interventi

Infine è possibile affermare che l'intervento più conveniente, in termini di economicità, è quello riguardante l'installazione delle valvole termostatiche in quanto consente una riduzione dei costi annui circa dell'11% (*Figura 6.11).*

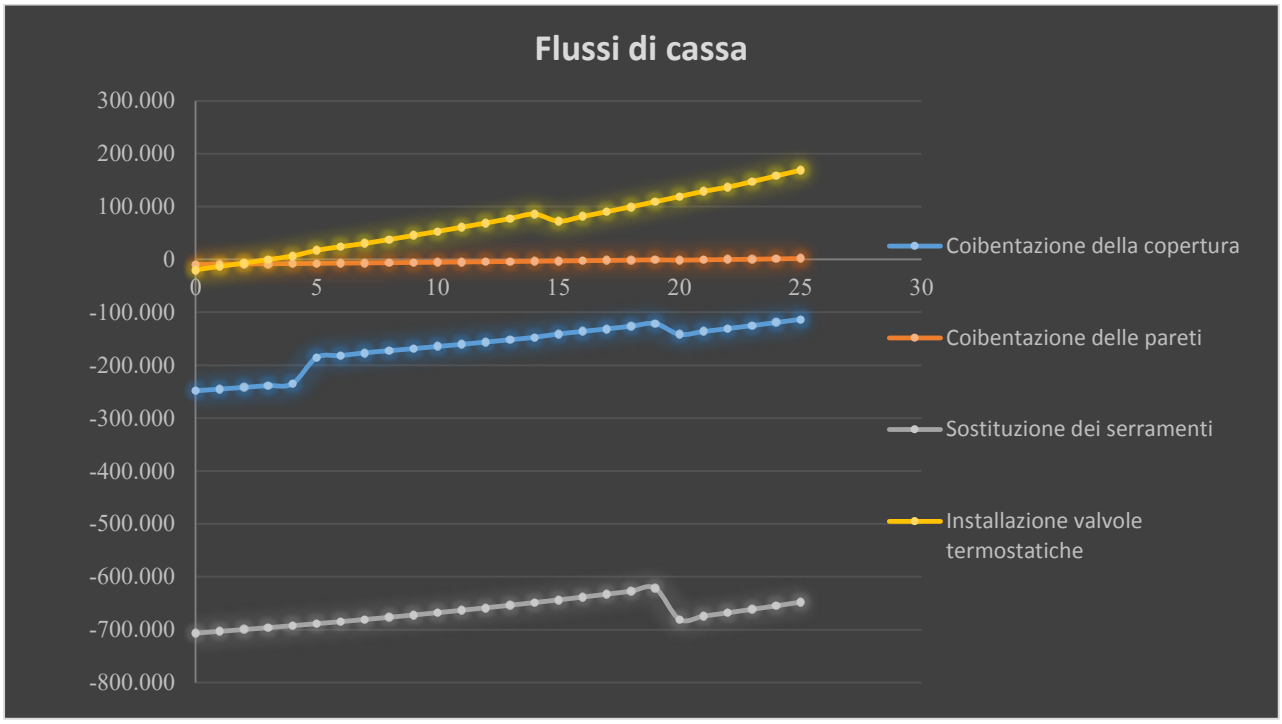

Figura 6.11 - Confronto dei flussi di cassa

6.2 Considerazioni finali

L'*audit* energetico ha evidenziato una ridotta efficienza del fabbricato legata soprattutto a uno scarso isolamento dell'involucro; infatti la maggior parte dei consumi sono da ricondurre al riscaldamento degli ambienti, motivo per cui gli interventi proposti sono stati diretti alla riduzione del fabbisogno a esso associato.

Tali operazioni hanno riguardato:

- la coibentazione della copertura piana;
- la coibentazione delle pareti opache;
- la sostituzione dei serramenti;
- l'installazione delle valvole termostatiche.

La diagnosi energetica ha riportato la seguente classificazione degli interventi (*Figura 6.12)*, valutati in termini di efficacia, compatibilità ambientale ed economicità:

1) Intervento 4: installazione di valvole termostatiche;
2) Intervento 3: sostituzione dei serramenti;
3) Intervento 1: coibentazione della copertura;
4) Intervento2: coibentazione delle pareti.

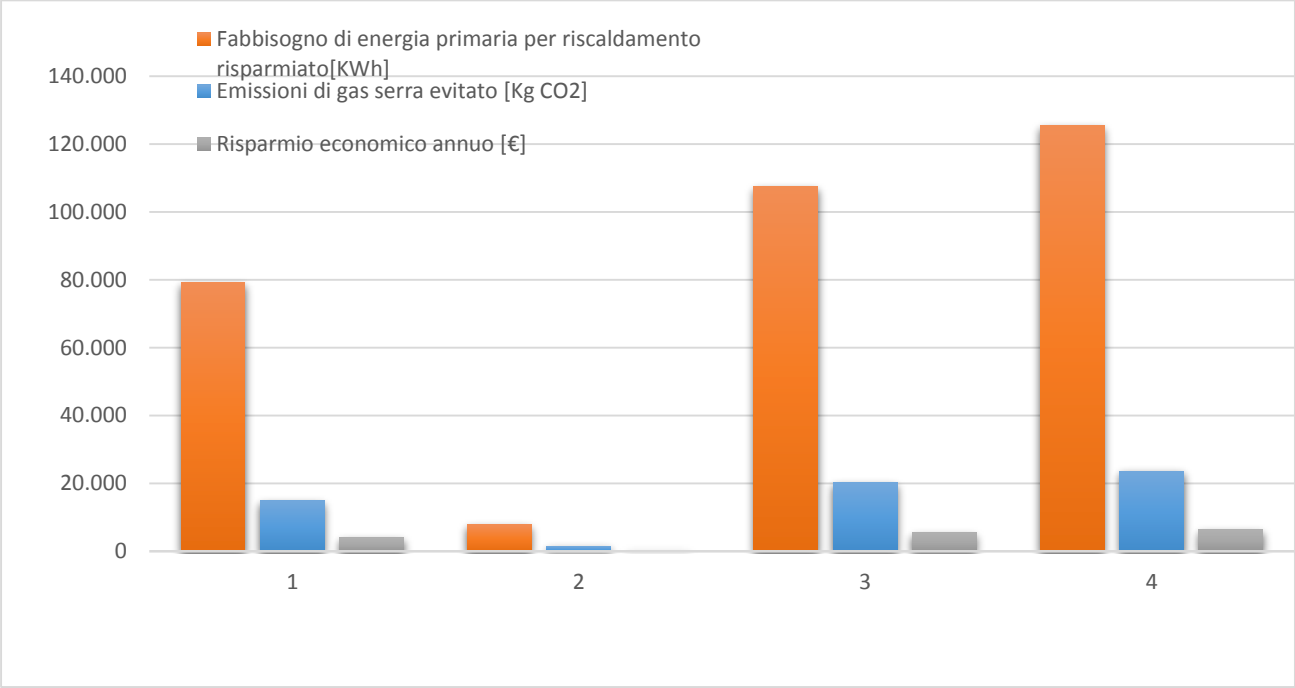

Figura 6.12 - Confronto degli interventi migliorativi in termini di efficacia, compatibilità ambientale ed economicità

Dal grafico sopra riportato è possibile osservare che l'intervento più vantaggioso risulta l'installazione delle valvole termostatiche; ciò è dovuto al fatto che il sottosistema di termoregolazione funge da connessione fra l'involucro e l'impianto, infatti gli interventi di riqualificazione dell'involucro sono risultati inefficaci poiché l'impianto esistente non è in grado di valorizzarne le prestazioni riducendo l'erogazione di calore nell'intero edificio.
Inoltre, considerando l'orientamento dell'edificio ad asse maggiore nord - sud, si ha che nel corso della giornata su questi due fronti dell'edificio si verificano grandi apporti esterni di energia dalla

radiazione solare, per tale motivo l'intervento 4 (l'installazione di valvole termostatiche) consente quindi di ridurre notevolmente i consumi termici.

In conclusione l'analisi svolta sull'edificio scolastico oggetto di studio, ha rilevato che le diverse proposte di miglioramento non comportano risultati particolarmente soddisfacenti né in termini di contenimento dei consumi di energia, in quanto la realizzazione di tutti gli interventi consentirebbe il solo raggiungimento della classe energetica C (*Figura 6.13)*, né dal punto di vista economico, poiché i tempi di ritorno dei singoli investimenti sono elevati in relazione alla vita utile dei componenti edilizi (*Figura 6.14, Tabella 6.18)*.[27]
I principali motivi per cui si si presentano tempi di ritorno elevati sono dati sia dal basso costo del combustibile per la Pubblica Amministrazione, ridotto rispetto a quello che paga un privato del 40%, sia dal costo dell'investimento elevato (che comunque è soggetto a ribasso d'asta).

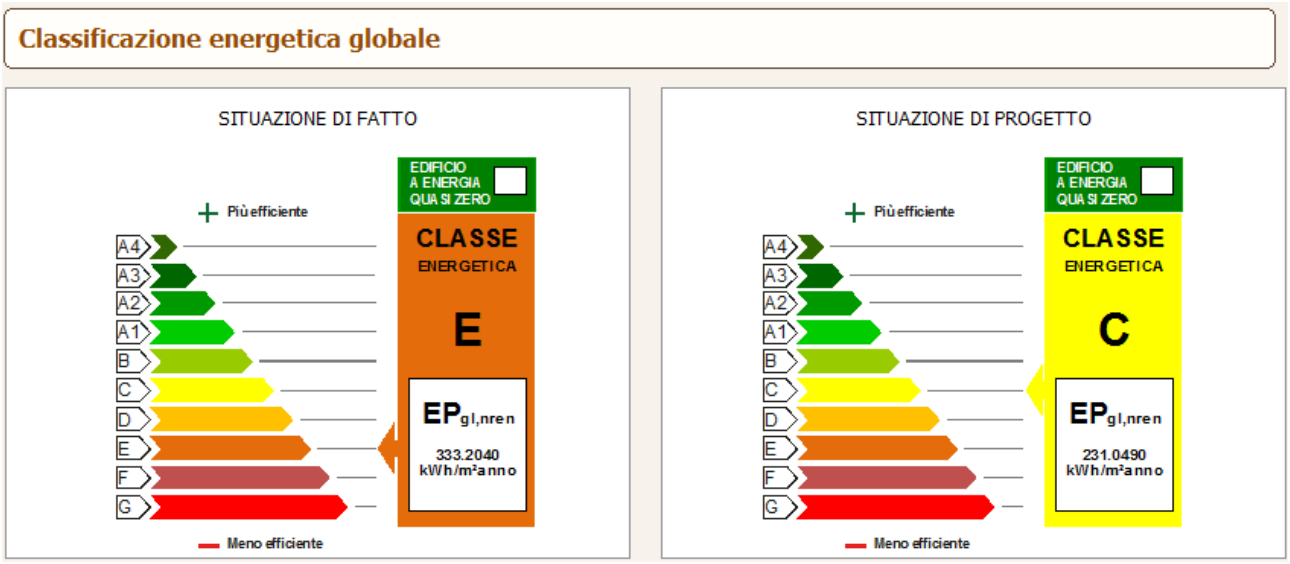

Figura 6.13 - Classe energetica raggiungibile attraverso la realizzazione di tutti gli interventi

[27] UNI EN 15459

DURATA DI VITA UTILE per tipologia di intervento			
			ANNI
INVOLUCRO	a	Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato	30
	b	Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato	30
	c	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da Est-Sud-Est a Ovest, fissi o mobili, non trasportabili	30
IMPIANTI	d	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzanti generatori di calore a condensazione	15
	e	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale dotati di pompe di calore, elettriche o a gas, utilizzanti energia aerotermica, geotermica o idrotermica	15
	f	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale dotati di generatore di calore alimentato da biomassa	15
	g	Interventi di cogenerazione/trigenerazione	15
	h	Installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di solar cooling	15
	i	Sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a pompa di calore	15
	l	Riqualificazione degli impianti di illuminazione	
		Corpi illuminanti (lampade)	8
		Sistemi di regolazione e controllo	10
	m	Installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore	15
	n	Installazione di sistemi BACS di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici	10
		Installazione impianto fotovoltaico	20

Figura 6.14 - Vita utile

Tabella 6.18 - Confronto tra i tempi di ritorno e la vita utile di ogni componente

INTERVENTO	Tempo di ritorno semplice	Tempo di ritorno attualizzato	Vita utile
1	> 25	> 25	30
2	> 25	22,2	30
3	> 25	> 25	30
4	3,5	3	15

Il lavoro di Tesi è stato indirizzato a individuare una serie di interventi volti solo alla riduzione dei consumi termici; pare opportuno suggerire di valutare la costruzione anche con operazioni che possano comportare una riduzione dei consumi elettrici.

Nel caso in cui anche questi comportassero la collocazione dell'edificio in una classe energetica bassa, le migliori operazioni da eseguire sarebbero la demolizione del fabbricato e la sua ricostruzione, poiché:

- l'edificio non possiede valore storico e artistico.
- la posizione dell'area è strategica in rapporto con le vie di accesso della città di
- Novara (Figura 6.15);
- in rapporto col punto precedente, si evidenzia che l'area stessa è adeguatamente servita da mezzi di trasporto pubblici (Figura 6.15);

- l'area mantiene una elevata attrattività sul quartiere, insieme con gli altri plessi scolastici adiacenti (Tavola 0, Allegato A0).

L'iniziativa di sostituzione edilizia permetterebbe la realizzazione di un edificio n-ZEB[28] (*Nearly Zero Energy Building*): "*a elevatissima prestazione, che riduce il più possibile i consumi per il suo funzionamento e l'impatto nocivo sull'ambiente* "e, inoltre anche il rispetto delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (*NTC 2018*).
Prendendo in considerazione dei costi parametrici relativi alla demolizione del fabbricato e alla ricostruzione dell'edificio "n-ZEB" è stato possibile ipotizzare un costo totale di investimento (*Tabella 6.*19); quest'ultimo, anche se elevato, è possibile ammortizzarlo in un arco temporale ridotto, poiché tale tipologia di fabbricato comporterebbe una notevole riduzione dei consumi termici ed elettrici.
Inoltre, durante le fasi di demolizione e ricostruzione del seguente edifico, le lezioni potranno essere svolte nell'edificio che ospitava l'Ex-caserma Passalacqua, situato nelle vicinanze del fabbricato oggetto di studio.

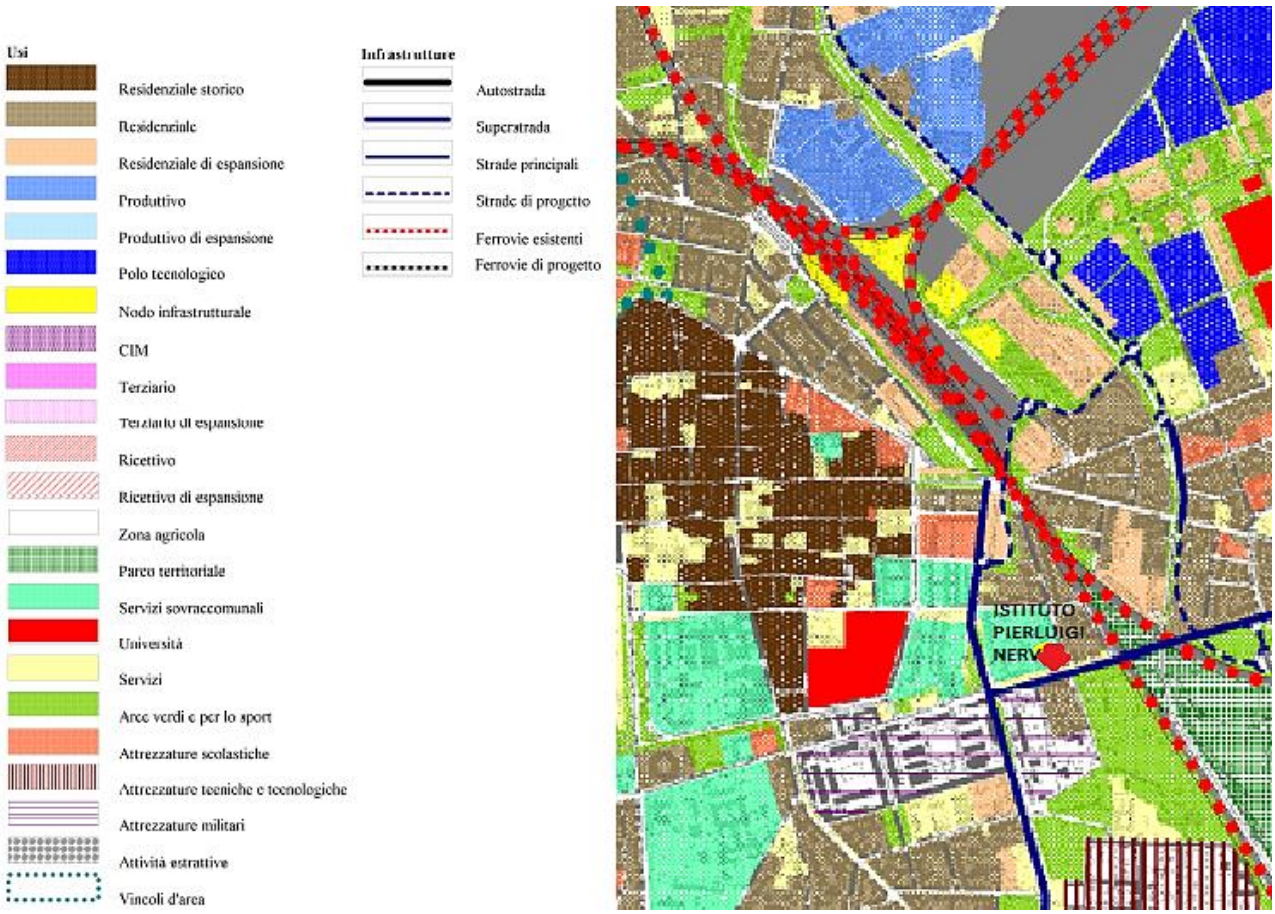

Figura 6.15 - Valutazione posizione Istituto Pierluigi Nervi

[28] Direttiva 2010/31/Ue – Direttiva 2018/844/Ue – In Italia Decreto Interministeriale 26 giugno 2015

Tabella 6.19 - Ipotesi di valutazione del costo totale dell'investimento per la realizzazione dell'edifico n-ZEB

Costo demolizione e ricostruzione edificio NZEB		
Volume lordo	25.010,17	m^3
Costo parametrico demolizione	30	€/m^3
Costo totale demolizione	750.305,1	€
Superficie lorda	11.200	m^2
Costo parametrico ricostruzione edificio NZEB (Comprensivo delle somme a disposizione dell'amministrazione)	1.800	€/m^2
Costo totale ricostruzione edifico	20.160.000	€
Costo totale	20.910.305,1	€

Bibliografia

Documentazione specialistica:

- Calabrese N., Carderi A., Lavinia C., Caffari F., Passafaro E., *Linee guida per la diagnosi energetica degli edifici pubblici*, 2019.

- Regione Piemonte, *Prezzi di riferimento per Opere e Lavori Pubblici nella Regione Piemonte*, 2019.

Normativa:

- UNI EN ISO 6946:2008, in materia di "*Componenti ed elementi per edilizia- Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo*".

- UNI EN ISO 10077-1:2007, in materia di "*Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti- Calcolo della trasmittanza termica – Parte 1: Generalità*".

- UNI EN 12464-1: 2011, in materia di "*Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro interni*".

- D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 in materia di "*Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici ai fini del contenimento dei consumi di energia*".

- UNI 10349, in materia di "*Dati climatici relativa al riscaldamento e il raffrescamento degli edifici*".

- Legge Regione Piemonte 28 maggio 2007, n.13 in materia di "*Disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia*".

- UNI EN ISO 10211:2008, in materia di "*Metodologie per il calcolo dei ponti termici*".

- UNI EN 13187, in materia di "*Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi*".

- UNI/TS 11300, in materia di "*Prestazioni energetiche degli edifici*".

- D.P.R. 5 ottobre 2010, art.16 in materia di "*Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*" modificato con D.Lgs. 18 aprile 2016, n.50 art.216 – Legge 14 giugno 2019, n.55.

- D.M. 31 ottobre 2013, n.143 in materia di "*Regolamento recante determinazione dei corrispettivi da porre a base di gara nelle procedure di affidamento di contratti pubblici dei servizi relativi all'architettura e all'ingegneria*" modificato con D.M. 17 giugno 2016.

- D.Lgs. n.50/2016 ex art. 113 comma 3 "*Incentivi per funzioni tecniche*".

- D.Lgs. 4 luglio 2014, n.102 in materia di "*Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza* energetica "modificato con D.L.gs. 18 luglio 2016, n.141 in materia di "*Disposizioni integrative al decreto legislativo 4 luglio 2014, n.102*".

- UNI CEI EN 16247, in materia di "*Diagnosi energetiche*".

- D.M. 16 febbraio 2016, in materia di "*Incentivazione della produzione di energia termica da impianti a fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni*".

- Direttiva 2010/31/Ue –Direttiva 2018/844/Ue, in materia di "*Nearly Zero Energy Building*".

- D. Interministeriale 26 giugno 2015, in materia di "*Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*".

- UNI EN 15459, in materia di "*Prestazione energetica degli edifici – Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici*".

Sitografia

- www.arpa.piemonte.it

- www.provincia.novara.it

- www.aisvertecnologie.it

- www.repubblica.it

- www.rendimentibtp.it

- www.avvocatoandreani.it

Indice delle figure

1.Descrizione dell'edificio

Figura 1.1 – Planimetria Complesso Scolastico....4
Figura 1.2 - Pianta Piano Interrato....6
Figura 1.3 – Immagini Piano Interrato....6
Figura 1.4 – Pianta Piano Terra....7
Figura 1.5 –Immagini Piano Terra....7
Figura 1.6 – Pianta Piano Primo....8
Figura 1.7 – Pianta Piano Secondo....8
Figura 1.8 – Pianta Piano Terzo....9
Figura 1.9 – Immagini Piano Tipo....9
Figura 1.10 – Pianta Piano Quarto....10
Figura 1.11 – Immagini Piano Quarto....10
Figura 1.12 –Pianta della Copertura....11
Figura 1 .13 –Prospetto Est....12
Figura 1.14 – Prospetto Ovest....12
Figura 1.15 – Prospetto Sud - Figura 1.16 –Prospetto Nord....12
Figura 1.17 –Sezione Edificio (Allegato L, Tavola 10)....13
Figura 1.18 – Stratigrafia della Partizione Orizzontale S1....14
Figura 1.19 – Stratigrafia della Partizione Orizzontale....16
Figura 1.20 - Stratigrafia della Partizione Orizzontale S3....17
Figura 1.21 - Stratigrafia della Partizione Verticale M1....18
Figura 1.22 – Stratigrafia della Partizione Verticale M2....19
Figura 1.23 – Stratigrafia della Partizione Verticale M3....20
Figura 1.24 – Stratigrafia della Partizione Verticale M4....21
Figura 1.25 – Stratigrafia della Partizione Verticale M5....22
Figura 1.26 – Stratigrafia della Partizione Verticale M6....23
Figura 1.27 – Prospetto Est....27
Figura 1.28 - Prospetto Ovest....30
Figura 1.29 – Prospetto Sud....32
Figura 1.30 – Prospetto Nord....35
Figura 1.31 - Caldaia a gas a modulazione e a condensazione (ELCO – RENDMAZ R 3604)....38
Figura 1.32 - Dati tecnici della caldaia a gas a modulazione e a condensazione (ELCO – RENDMAZ R 3604)....39

2. Analisi del contesto

Figura 2.1 – Andamento dei gradi giorno....44

3. Identificazione delle criticità

Figura 3.1 - Tetto....45
Figura 3.2 – Partizioni Verticali....46
Figura 3.3 - Serramento....47
Figura 3.4 - Prospetto Est....48
Figura 3.5 - Radiatore....49
Figura 3.6 - Presenza di fenomeni di risalita capillare nel piano interrato....49
Figura 3.7 - Termografia Prospetto Est....51
Figura 3.8 - Termografia Prospetto Est....52
Figura 3.9 – Termografia Prospetto Est....53
Figura 3.10 – Termografia Prospetto Est....54

Figura 3.11 – Termografia Prospetto Nord - Est 55
Figura 3.12 - Termografia Prospetto Nord 55
Figura 3.13 - Termografia Prospetto Ovest 56
Figura 3.14 - Termografia Prospetto Ovest 56
Figura 3.15 - Termografia Prospetto Ovest 57
Figura 3.16 - Termografia Prospetto Ovest 58
4. Analisi energetica dell'edificio
Figura 4.1 - Confronto dei GG e consumi 60
Figura 4.2 - Perdite di calore in percentuale attraverso le strutture 60
Figura 4.3 - Fattore di congruità 61
5. Proposta interventi migliorativi
Figura 5.1 – Stratigrafia solaio copertura con isolamento 65
Figura 5.2 - Stratigrafia Partizione verticale con isolamento 71
Figura 5.3 - Percentuali delle superfici disperdenti dei prospetti 81
6. Conclusioni
Figura 6.1 - Diagramma di flusso DE 85
Figura 6.2 - Calcolo classe energetica 86
Figura 6.3 - Classe energetica Istituto Nervi 86
Figura 6.4 - Confronto di energia primaria risparmiata e CO2 evitate 88
Figura 6.5 - Calcolo incentivi – Decreto MISE 16/02/2016 93
Figura 6.6 - Flussi di cassa –Intervento 1 97
Figura 6.7 - Flussi di cassa –Intervento 2 99
Figura 6.8 - Flussi di cassa –Intervento 3 100
Figura 6.9 - Flussi di cassa –Intervento 4 102
Figura 6.10 - Flussi di cassa –Scenario – Realizzazione di tutti gli interventi 104
Figura 6.11 - Confronto dei flussi di cassa 105
Figura 6.12 - Confronto degli interventi migliorativi in termini di efficacia, compatibilità ambientale ed economicità 106
Figura 6.13 - Classe energetica raggiungibile attraverso la realizzazione di tutti gli interventi 107
Figura 6.14 - Vita utile 108
Figura 6.15 - Valutazione posizione Istituto Pierluigi Nervi 109

Indice delle tabelle

1.Descrizione dell'edificio
Tabella 1.1 – Dati riassuntivi Istituto Nervi....5
Tabella 1.2 – Descrizione Partizione Orizzontale S1 15
Tabella 1.3 - Descrizione della Partizione Orizzontale S2 16
Tabella 1.4 - Descrizione della Partizione Orizzontale S3 17
Tabella 1.5 – Descrizione della Partizione Verticale M1 18
Tabella 1.6 - Descrizione della Partizione Verticale M2 19
Tabella 1.7 – Descrizione della Partizione Verticale M3 20
Tabella1.8 – Descrizione della Partizione Verticale M4 21
Tabella 1.9 – Descrizione della Partizione Verticale M5 22
Tabella 1.10 – Descrizione della Partizione Verticale M6 23
Tabella 1.11 – Valori delle resistenze superficiali....24
Tabella 1.12 – Classificazione delle Finestre....25
Tabella 1.13 – Classificazione delle Porte....25
Tabella 1.14 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Est....28
Tabella 1.15 - Calcolo involucro Opaco Prospetto Est....29
Tabella 1.16 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Ovest....31
Tabella 1.17 – Calcolo involucro opaco Prospetto Ovest....31
Tabella 1.18 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Sud....33
Tabella 1.19 – Calcolo involucro opaco Prospetto Sud....34
Tabella 1.20 – Calcolo involucro trasparente Prospetto Nord....36
Tabella 1.21 – Calcolo involucro opaco Prospetto Nord....37
Tabella 1.22 - Calcolo Illuminamento richiesto Em e Potenza elettrica installata (UNI EN 12464-1) 40

2. Analisi del contesto
Tabella 2.1 - Dati generali e climatici di Novara…….... 42
Tabella 2.2 – Gradi giorno Novara…….43

3. Identificazione delle criticità
Tabella 3.1 – Trasmittanza del Tetto 45
Tabella 3.2 – Trasmittanza delle Partizioni Verticali 46
Tabella 3.3 – Trasmittanza dei serramenti....47
Tabella 3.4 - Valori Superficie disperdente opaca e trasparente....48

4.Analisi energetica dell'edificio
Tabella 4.1 – Consumi reali Istituto Nervi....59

5.Proposta interventi migliorativi
Tabella 5.1.a – 5.1 b - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione a sinistra (a), Valori limite di trasmittanza imposti dalla Regione Piemonte a destra (b) 64
Tabella 5.2 - Descrizione della Partizione Orizzontale S3* 65
Tabella 5.3 - Computo metrico estimativo Intervento 1 66
Tabella 5.4 - Valutazione voci B.2, B.4....68
Tabella 5.5 - Quadro economico Intervento 1 69
Tabella 5.6.a -5.6.b - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione a sinistra (a), Valori limite di trasmittanza imposti dalla Regione Piemonte a destra (b*)* 70
Tabella 5.7 - Descrizione della Partizione Verticale M1* 71

Tabella 5.8 - Computo metrico estimativo Intervento 2 72
Tabella 5.9 - Valutazione voci B.2, B.4 74
Tabella 5.10 - Quadro economico Intervento 2 75
Tabella 5.11.a – 5.11.b - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione(a), Valori limite di trasmittanza imposti dalla Regione Piemonte a destra (b) 76
Tabella 5.12 - Trasmittanza dei serramenti dopo l'intervento 77
Tabella 5.13 - Computo metrico estimativo Intervento 3 78
Tabella 5.14 - Valutazione voci B.2, B.4 80
Tabella 5.15 - Quadro economico Intervento 3 81
Tabella 5.16 - Computo metrico estimativo Intervento 4 82
Tabella 5.17 - Valutazione voci B.2, B.4 83
Tabella 5.18 - Quadro economico Intervento 4 84
Tabella 5.19 - Costo totale interventi - costo al m^2 84
6.Conclusioni
Tabella 6.1 – Stato di fatto 86
Tabella 6.2 - Confronto interventi migliorativi 87
Tabella 6.3 - Scenario con tutti gli interventi migliorativi 88
Tabella 6.4 - Calcolo incentivi – Intervento 1 93
Tabella 6.5 - Calcolo incentivi – Intervento 2 93
Tabella 6.6 - Calcolo incentivi – Intervento 4 94
Tabella 6.7 - Calcolo incentivi – Scenario –Realizzazione intervento1,2,3,4 94
Tabella 6.8 - Analisi Costi-Benefici: Scenario –Realizzazione intervento1,2,3,4 94
Tabella 6.9 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 1 96
Tabella 6.10 - Flussi di cassa – Con incentivi – Intervento 1 97
Tabella 6.11 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 2 98
Tabella 6.12 - Flussi di cassa – Con incentivi – Intervento 2 99
Tabella 6.13 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 3 100
Tabella 6 14 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Intervento 4 101
Tabella 6.15 - Flussi di cassa – Con incentivi – Intervento 4 102
Tabella 6.16 - Flussi di cassa – Senza incentivi – Scenario 103
Tabella 6.17 - Flussi di cassa – Con incentivi – Scenario 104
Tabella 6.18 - Confronto tra i tempi di ritorno e la vita utile di ogni componente 108
Tabella 6.19 - Ipotesi di valutazione del costo totale dell'investimento per la realizzazione dell'edifico n-ZEB 110

Allegati

ALLEGATO	TAVOLA	DESCRIZIONE
A0	0	Inquadramento dell'Edificio
A	1	Pianta Piano Interrato
B	2	Pianta Piano Terra
C	3	Pianta Piano Primo
D	4	Pianta Piano Secondo
E	5	Pianta Piano Terzo
F	6	Pianta Piano Quarto
G	7	Pianta della Copertura
H	8	Prospetto Est - Ovest
I	9	Prospetto Sud - Nord
L	10	Sezione A-A' - B-B'
M		Stratigrafie Partizioni Orizzontale
N		Stratigrafie Partizioni Orizzontale
O		Stratigrafie Partizioni Verticale
P		Stratigrafie Partizioni Verticale
Q		Abaco Serramenti
R		Abaco Serramenti
S		Abaco Serramenti
T		Intervento1- Stratigrafie Partizioni Orizzontale
U		Intervento 2- Stratigrafie Partizioni Verticale

Ringraziamenti

Innanzitutto desidero ringraziare il Professore Marco Zerbinatti, relatore di questa tesi, per la grande disponibilità e cortesia prestata.

Ringrazio anche il Professore Enrico Fabrizio e la Professoressa Manuele Rebaudengo.

Un ringraziamento particolare va a Cofartigianato Imprese Piemonte Orientale, in particolar modo al Direttore Amleto Impaloni, Dottor Marco Cerutti e l'Ingegnere Mario Righetti, poiché senza il loro supporto questa tesi non sarebbe potuta esistere.

Il ringraziamento più grande va a mio marito, Andrea, per avermi sostenuta sempre vivendo con me gioie, paure e ansie.

Ringrazio mia madre, la quale anche se lontana ha vissuto con me ogni momento; ma in particolar modo ringrazio mio Padre, perché se sono qui è solo grazie a lui, poiché mi ha insegnato che nella vita non bisogna mai demordere.

Ringrazio mio fratello, mia sorella acquisita Clementina, Luigi, la piccola Aurora, zia Anna ("sotto") e zio Umberto.

Ringrazio mia nonna Michela e mio nonno Domenico, i miei zii e cugini.

Un ringraziamento speciale va a Rosaria, Ivan, mia suocera, Giovanna, Alessandro, Rosa, Julian, Giovanna, Fabio.

In particolar modo vorrei ringraziare Anna che mi è stata di grande aiuto.

Ringrazio tutte le persone che non ho citato e che con grande affetto mi hanno sostenuta in questo percorso universitario.

Infine, un ultimo ringraziamento va a me stessa, perché se sono arrivata a questo punto, infondo è anche merito mio.