



Via Galileo Ferraris, 13 - 20052 Monza (MB) Info@newen.eu



Via G.Verdi 17 - 10087 Valperga (TO) gianni@pomatto.info



Via Roma 45 - 10080 Locana (TO) www.0124.to.it

DIAGNOSI ENERGETICA

Istituto tecnico statale per Geometri Pierluigi Nervi

Via San Bernardino da Siena, 10 - Novara

Committente	Provincia di Novara	Edificio	Complesso Scolastico Nervi
Indirizzo	Via Bernardino da Siena, 10	Comune	Novara
Data commessa	23-04-10	Data consegna relazione	17-05-10
Codice progetto	0029/2010	Persona referente documento	Ing. Gianluigi Redaelli
Versione relazione	Ver. 1.0	Editor documento	Arch. Alessandra Galbiati Arch. Gianbattista Pomatto Ing. Federico Mattioli Arch. Christian Negro Frer
Nome File	10-05-17 Diagnosi Nervi.doc		

Sommario

Introduzione	1
1. Descrizione edificio.....	2
1.1 Dati edificio.....	3
1.2 Planimetrie.....	4
1.2.1 Piano Interrato	4
1.2.2 Pianta Piano Terra	4
1.2.3 Pianta Piano Primo, Secondo e Terzo.....	5
1.2.4 Pianta Piano Quarto	6
1.3 Manufatto architettonico.....	6
1.3.1 Tipologie costruttive	7
1.4 Serramenti	8
1.5 Impianto di climatizzazione.....	9
1.5.1 Impianto termico.....	9
1.5.2 Caldaia a gasolio	10
1.6 Sistema di building automation	10
1.7 Impianto elettrico	10
1.7.1 Carichi	11
1.8 Impianto di illuminazione	11
2. Analisi del contesto.....	12
2.1 Studio delle condizioni climatiche di Novara	12
2.1.1 Andamento gradi giorno.....	12
3. Identificazione delle criticità	14
4. Analisi energetica dell'edificio	16
4.1.1 Analisi dei consumi	16
5. Proposta di interventi migliorativi	19
5.1 Intervento 1 - Sostituzione serramenti.....	19
5.2 Intervento 2 - Coibentazione delle pareti	19
5.3 Intervento 3 - Coibentazione della copertura	20
5.4 Intervento 4 - Caldaia a condensazione + valvole termostatiche	20
5.5 Intervento 5 - Installazione valvole termostatiche	21
5.6 Intervento 6 - Building Automation.....	21
5.6.1 Gestione e controllo clima, riscaldamento e raffrescamento.....	22
5.6.2 Gestione dell'illuminazione artificiale	22
5.7 Impianto illuminazione	24
6. Conclusioni.....	25
6.1 Analisi costi/benefici degli interventi proposti.....	28
6.1.1 Interventi sistema Edificio - Impianti	28

Introduzione

Nelle pagine che seguono sono riportati i risultati dell'analisi energetica sull'Istituto Tecnico Statale per Geometri "Pierluigi Nervi" a Novara.

Quest'analisi costituisce una base di riferimento su cui poter valutare eventuali interventi sull'edificio dal punto di vista energetico, individuando il potenziale di risparmio ottenibile attraverso alcuni interventi migliorativi del sistema edificio - impianti.

La diagnosi energetica del presente complesso, rientra all'interno di un bando più esteso della Provincia, che coinvolge anche il Liceo artistico Casorati a Romagnano Sesia e l'istituto ITC Mossotti; le diagnosi energetiche forniranno gli strumenti per l'individuazione degli interventi da intraprendere coniugando un problema di Budget limitato (solo 150.000,00€ per l'esecuzione degli interventi sui tre complessi, Istituto Nervi, Liceo Casorati, Istituto Mossotti, e comprensivi della progettazione degli stessi).

L'analisi condotta si è fortemente adattata alle esigenze e alle specifiche economiche espresse dalla Provincia di Novara con l'obiettivo di portare a identificare interventi effettivamente realizzabili dall'Ente. Pertanto sono stati considerati interventi di varia importanza economica, valutando se, effettivamente a un onere economico elevato corrisponde un effettivo guadagno in termini di risparmio energetico.

In sintesi l'idea è quella di poter fornire alla Provincia di elementi per poter prevedere un piano di recupero energetico di edifici che attualmente versano in condizioni non confortanti.

Le attività sono state condotte seguendo la procedura prevista dalla legge regionale 28 maggio 2007 n. 13/2007, recante disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia e secondo le disposizioni attuative in vigore dal 1° ottobre 2009.

La certificazione energetica e i relativi risultati sono stati ottenuti utilizzando il tool SW EDILCLIMA (Versione 7.4.1).

L'analisi è stata realizzata seguendo il seguente schema:

1. Sopralluogo preliminare;
2. Acquisizione dei dati utili alla Diagnosi Energetica;
3. Compilazione del tool EDILCLIMA;
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 edificio



Figura 1- Vista esterna Istituto Pierluigi Nervi

L'edificio oggetto dell'analisi è la sede dell'Istituto tecnico statale per Geometri "Pierluigi Nervi", situato in prossimità dell'Istituto ITC Mossotti e consta di 5 piani fuori terra e un piano interrato.

Al piano terra sono localizzati gli spazi di accoglienza, le aule dei professori, uno spazio adibito a palestra; al piano primo, secondo e terzo la distribuzione avviene attraverso un corridoio centrale, mentre al quarto piano si perdono le aule rivolte a Ovest e il corridoio si affaccia direttamente sul cortile interno.

L'impianto di climatizzazione invernale è costituito da due caldaie (P_u 1020 kW complessivi), alimentata a gasolio che provvedono al riscaldamento di tutta la scuola attraverso radiatori distribuiti in ciascuna aula e nei corridoi interni; al piano terra oltre ai radiatori sono presenti anche dei fancoil che possono essere utilizzati anche per il raffrescamento.

Le stratigrafie dell'edificio sono state stimate in base agli spessori delle murature, all'anno di costruzione dell'edificio e alla tipologia edilizia, facilmente riconoscibile.

I serramenti sono tutti in alluminio, anche se si possono distinguere due diverse tipologie, la prima a vetro singolo, la seconda, a doppio vetro, di più recente installazione, riscontrabile nelle aule.

La copertura è piana e non presenta isolamento.

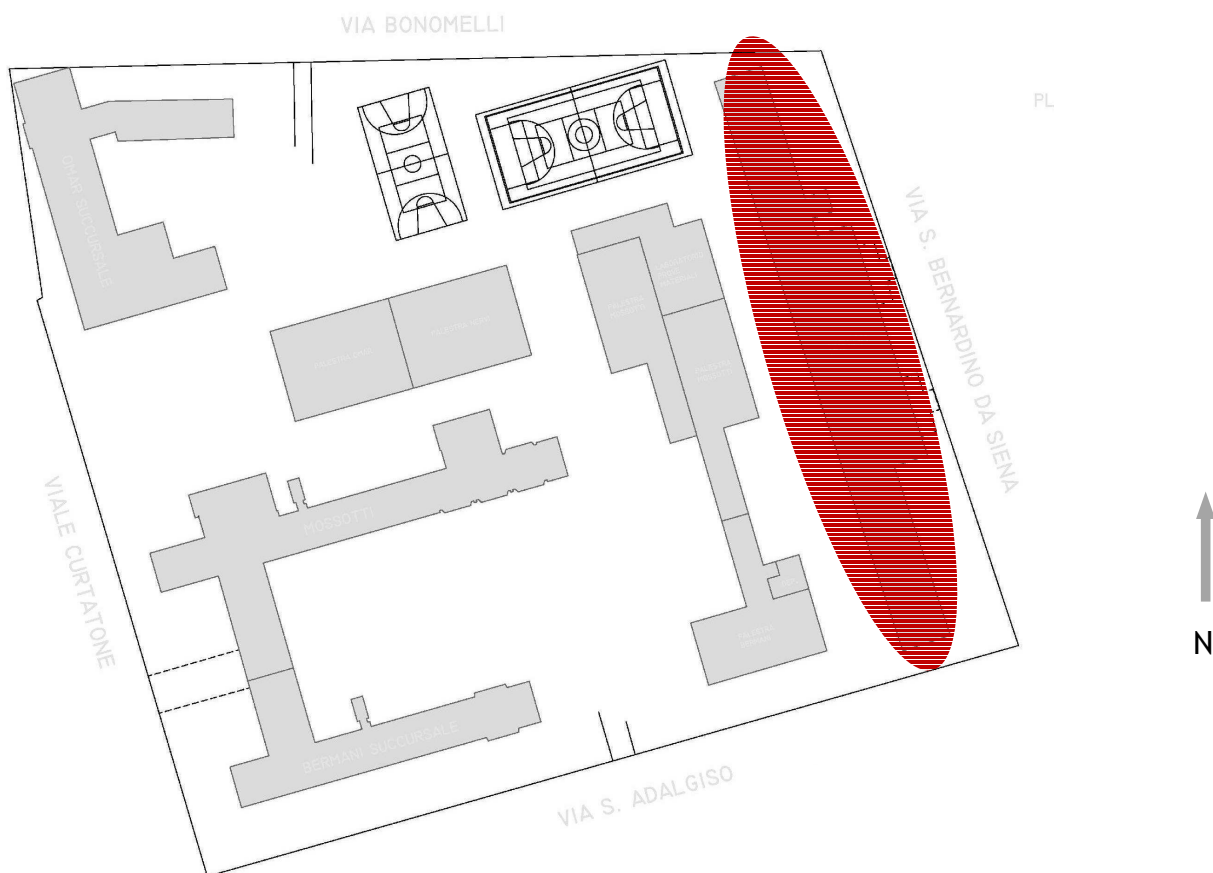


Figura 2 - Planimetria generale Complesso scolastico Nervi - Mossotti - Bermani

1.1 Dati edificio

I dati relativi alla geometria dell'edificio 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 .Dwg fornite dagli uffici tecnici della Provincia.

Dati Geometrici		Descrizione
Numero dei piani climatizzati	5	Piano Terra Piano Primo Piano Secondo Piano Terzo Piano Quarto
Altezza netta dei locali [m]	3,9	L'altezza interna è elevata a causa della funzione che si svolge all'interno dell'edificio
Superficie netta riscaldata [m ²]	4.775,08	Dalla superficie totale deve essere sottratta la porzione riguardante la superficie del piano interrato, in cui non è presente nessun sistema di climatizzazione
Superficie lorda riscaldata [m ²]	5.060,54	
Superficie opaca disperdente [m ²]	6.741,00	Le superfici disperdenti indicano i punti di criticità termica dell'involucro edilizio
Superficie trasparente disperdente [m ²]	1.592,45	
Superficie totale disperdente [m ²]	8.333,53	
Volume netto riscaldato [m ³]	18.622,82	Valore ricavato forfettariamente sottraendo il 20% al volume lordo riscaldato

Volume lordo riscaldato [m ³]	23.278,52	Volume al lordo delle murature, delle coperture, delle solette interpiano e contro terra
Rapporto S/V	0,36	Il fattore di forma della scuola, ovvero il rapporto fra la superficie riscaldata e il volume
Numero servizi	20	Sono distribuiti a blocchi, 5 per piano

Tabella 1 - Dati riassuntivi Istituto Nervi

1.2 Planimetrie

1.2.1 Piano Interrato

Il piano interrato non è conteggiato all'interno della superficie riscaldata, poiché non presenta corpi riscaldati; un tempo lo spazio ospitava la palestra dell'istituto che oggi si trova all'interno del cortile.

Anche la centrale termica si trova in uno spazio interrato a cui si accede da una scala posta all'esterno del corpo principale.

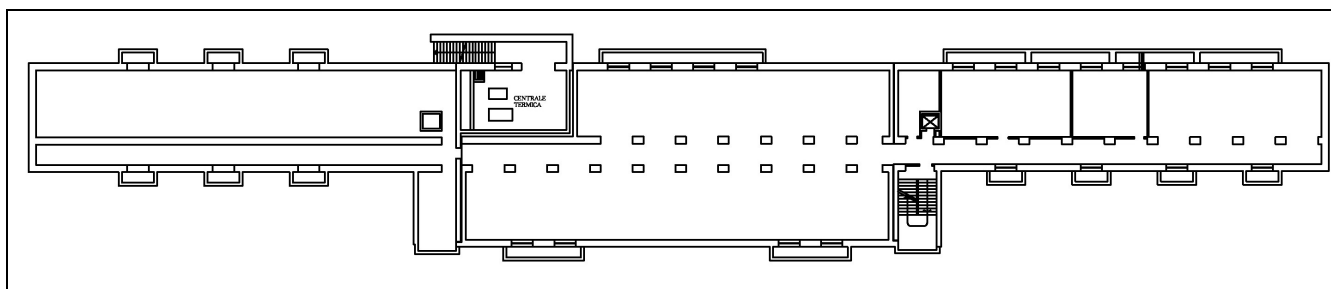


Figura 3 - Pianta Piano Interrato



Figura 4 - Immagini Piano Interrato

1.2.2 Pianta Piano Terra

Al piano terra sono presenti tutti gli spazi di accoglienza, dalla segreteria, all'aula professori e un ingresso caratterizzato da un'intera parete vetrata che si rivolge verso il fronte principale.

Lo spazio di maggiori dimensioni che si può notare dalla planimetria sotto riportata è una piccola palestra, con i suoi spazi accessori.

Dallo spazio centrale d'ingresso, invece, è possibile risalire ai piani successivi grazie ai due blocchi scale che si trovano su entrambi i lati.

La figura 5 rappresenta invece la palestra all'interno del cortile.

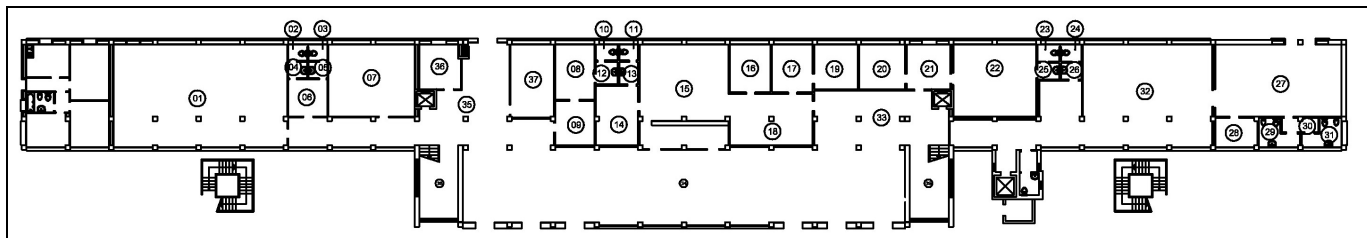


Figura 5 - Pianta Piano Terra

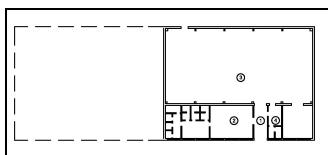


Figura 6 - Pianta Piano Terra, Palestra

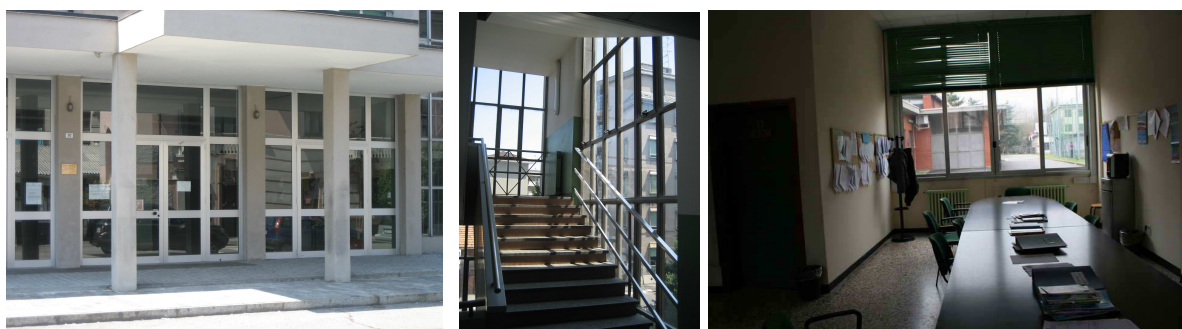


Figura 7 - Immagini Piano Primo

1.2.3 Pianta Piano Primo, Secondo e Terzo

I piani primo, secondo e terzo, sono molto simili a livello distributivo: due corpi scala che servono le aule attraverso un corridoio centrale; di fronte ai corpi scala sono posizionati i blocchi dei servizi.

Le dimensioni delle aule sono simili, circa 50 m²; nella porzione sull'estremità Nord dell'edificio sono localizzati i laboratori, con aule di dimensioni maggiori.

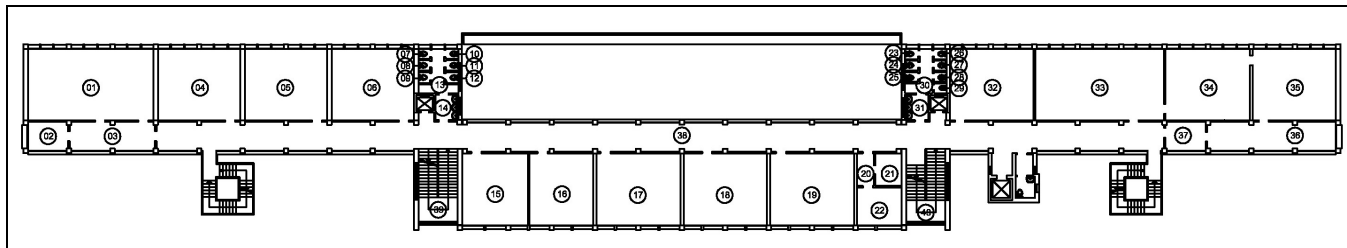


Figura 8 - Pianta Piano Tipo



Figura 9 - Immagini Piano tipo

1.2.4 Pianta Piano Quarto

Il piano quarto mantiene il solo corpo centrale con sole 5 aule rispetto alle 13, dei piani inferiori; dal quarto piano è possibile vedere la copertura dei piani inferiori che risulta essere non coibentata.

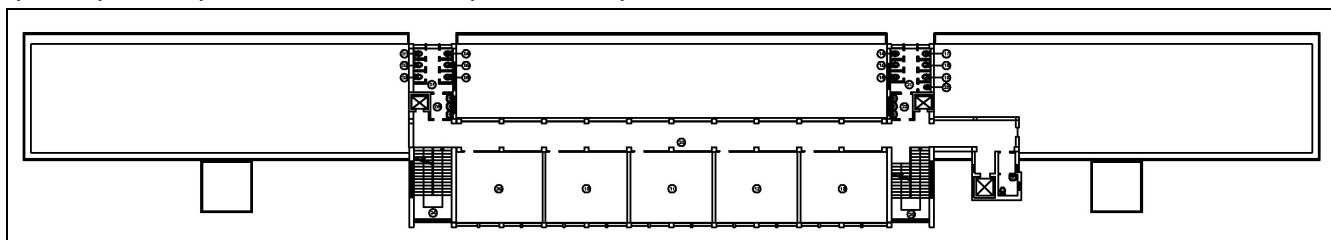


Figura 10 - Pianta piano quarto

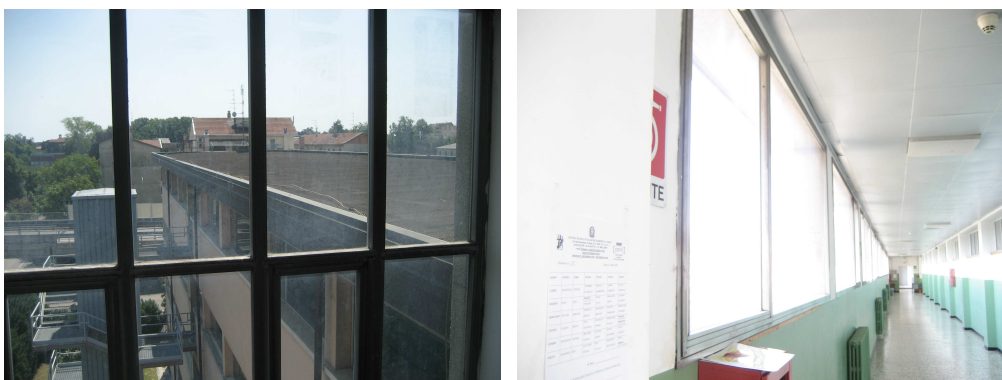


Figura 11 - Immagini Piano quarto

1.3 Manufatto architettonico

Le stratigrafie dell'edificio sono state stimate in base agli spessori delle murature e all'anno di costruzione dell'edificio (tipologia edilizia). La struttura portante è in muratura di mattoni pieni a due teste con strutturata portante in cls armato.

Le facciate dell'edificio sono modulari, anche se molto diverse tra loro; il prospetto Est presenta un'enorme quantità di superficie vetrata, mentre quella ad Ovest, si presenta più chiusa.



Figura 12 - Fronti Nord-Est e Sud-Ovest

1.3.1 Tipologie costruttive

I dati relativi alle tipologie costruttive derivano dall'osservazione diretta nel corso dei sopralluoghi e da dettagli forniti dall'ufficio edilizia della Provincia di Novara. Il calcolo delle superfici corrispondenti alle tipologie censite è stato effettuato a partire dalle planimetrie in formato .dwg fornite dagli uffici tecnici della Provincia. La tipologia delle pareti verticali è prevalentemente in muratura a mattoni pieni.

La tabella di seguito riassume gli elementi censiti e riporta una descrizione della stratigrafia, della superficie interessata, della trasmittanza calcolata e un confronto, a titolo di esempio, con i valori limite per le nuove costruzioni definiti dalla legge regionale 28 maggio 2007 n. 13/2007, e dalle disposizioni attuative DGR 46-11968 recanti disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia.

Stratigrafie						
Descrizione				Superficie [m ²]	U [W/m ² K]	U [W/m ² K] limite
Pareti	M1		Muratura in mattoni pieni - 30 cm	1.965,33	1,86	0,28
	M2		Cls di sabbia e ghiaia - pilastri - 30 cm	362,31	2,34	
	M3		Muratura in mattoni pieni 40 cm	257,20	1,51	
	M4		Muratura in cls + rivestimento in clinker - 42 cm	245,61	2,33	


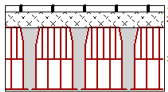

Porta	M5		Porta REI - 6,4 cm	5,28	0,59	
Serramenti	F1	Finestra 357x310		77,47	5,56	1,80
	F2	Finestra 357x275		39,27	5,59	
	F3	Vetrata vano scala (1) piano terra		22,13	5,40	
	F4	Vetrata vano scala (2) piano terra		21,45	5,39	
	F5	Finestra 360x135		461,70	5,55	
	F6	Finestra 110x215		475,37	3,26	
	F7	Finestra 335x280		196,98	3,08	
	F8	Vetrata vano scala (1)		101,39	5,41	
	F9	Vetrata vano scala (2)		98,26	5,40	
	F10	Finestra 180x215		309,60	3,11	
	F11	Finestra 220x135		41,58	5,53	
	F12	Finestra 120x195		14,04	5,50	
	F13	Finestra 220x135		17,82	5,47	
	F14	Finestra 155x135		16,74	5,43	
	F15	Finestra 70x70		7,35	5,34	
Solaio	P1		Solaio su cantina, spessore 32 cm	1479,90	1,309	0,27
	S1		Solaio di copertura verso esterno, spessore 32 cm	1480,61	0,607	0,24

Tabella 2 - Stratigrafie presenti

1.4 Serramenti

I serramenti sono in alluminio con vetri singoli negli spazi comuni e con vetro doppio nelle aule; i serramenti infatti sono già stati sostituiti nel corso degli anni e si è preferito migliorare le prestazioni di quegli spazi in cui gli alunni necessitano di un comfort interno maggiore per creare le condizioni più favorevoli all'apprendimento.



Figura 13 - Serramenti esistenti

1.5 Impianto di climatizzazione

L'impianto di climatizzazione è costituito da due caldaie a gasolio con un a P_u 1020 kW complessivi, alimentate a gasolio, che provvedono al riscaldamento di tutta la scuola. L'impianto in centrale non è di recente installazione e usa come combustibile il gasolio, fortemente inquinante.

L'impianto di climatizzazione estiva non è prevista, ma sono presenti in alcuni uffici a piano terra dei fancoil che vanno ad aggiungersi ai radiatori già presenti e possono funzionare anche per il raffrescamento. Ai fancoil interni corrispondono all'esterno dei motori condensanti.

1.5.1 Impianto termico

Il Liceo Artistico Casorati è fornito di una centrale termica situata a piano interrato, in un corpo adiacente alla struttura principale in cui è stato possibile reperire le informazioni riportate nella Tabella 3; l'impianto è in funzione 6 giorni su 7, dalla mattina prima dell'arrivo degli studenti, fino al tardo pomeriggio in cui si concludono i corsi pomeridiani.

Dati Impianto Termico		
Caldaia	1	2
Marca	Fondital	Fondital
Modello	Rodi 420	Rodi 600
Combustibile	Gasolio	Gasolio
Potenza al focolare [kW]	340-459	514-655
Potenza nominale [kW]	315-420	477-600
Anno di installazione	2001	2001
Rendimento [%]	85%	85%
Distribuzione	91,3%	91,3%
Corpi scaldanti	90%	90%
Regolazione	85%	85%
Tipo di gestione	Gestione calore	Gestione calore
Dispositivi di regolazione	Climatica	Climatica

Tabella 3 - Caratteristiche impianto Termico

1.5.2 Caldaia a gasolio

Le caldaie a gasolio, risultano oggi poco utilizzate per svariati motivi:

- il combustibile presenta molte impurità e sostanze pesanti rendono molto difficile una combustione “pulita”
- il costo del gasolio è superiore a quello del gas, 1,2 €/lt, contro i 0,7 €/m³
- necessitano di una manutenzione molto più frequenti delle caldaie a gas
- necessita di un serbatoio in cui stoccare il gasolio comprato

Di contro il gasolio è più sicuro perché, nonostante la sua infiammabilità, non comporta esplosioni.

Riportiamo di seguito alcune immagini degli elementi dell’impianto



Figura 14 - Componenti impianto

1.6 Sistema di building automation

Non sono presenti sistemi di building automation, soluzioni che trasformerebbero gli ambienti in “intelligenti” rendendo le apparecchiature elettriche ed elettroniche in essi contenute in grado di comunicare e dialogare tra loro compiendo azioni che altrimenti sarebbero lasciate all’utilizzo dell’utente finale. La loro presenza fornirebbe all’edificio, pur con grande semplicità, benessere, funzionalità, sicurezza e risparmio, perché riuscirebbe a eliminare gli sprechi dettati dall’utilizzo errato o improprio delle persone.

1.7 Impianto elettrico

L’impianto elettrico principale è distribuito unicamente in bassa tensione (BT) a 210-220 V.

1.7.1 Carichi

I carichi elettrici principali dell'edificio sono assorbiti prevalentemente dal sistema di illuminazione, dai pc presenti, dai macchinari nei laboratori e dai dispositivi per ufficio.

1.8 Impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione presente in tutto l'edificio è un impianto obsoleto, le lampade utilizzate per l'illuminazione sono lampade fluorescenti che consumano circa 36 - 40 W, lontani dalle prestazioni garantite da lampadine a basso consumo energetico che consumano circa la metà.

Il rilievo dei corpi illuminanti non è stato svolto in maniera puntuale durante il sopralluogo, ma sono state fatte delle considerazioni partendo dalla normativa UNI U29000310; abbiamo ipotizzato che per ogni aula bisognasse soddisfare 500 lux che corrispondono a 20 lampade a fluorescenza da 1,2 m; abbiamo poi conteggiato una somma forfettaria di 600 lampade per gli altri spazi. Ne consegue che le lampade presenti nelle aule sono 820, a cui si sommano le 600 negli spazi comuni per un totale di 1.420.

I consumi di queste lampade andrebbero a concorrere per circa la metà dei consumi elettrici dell'Istituto Nervi.

2. Analisi del contesto

2.1 Studio delle condizioni climatiche di Novara

Le condizioni climatiche standard del territorio di Novara, come definite dal D.P.R. 412/93 e dalle UNI 10349, sono riportate nella tabella che segue:

Dati generali e climatici	
Gradi Giorno	2463 GG
Zona climatica	E
Durata convenzionale del periodo di riscaldamento	183 giorni
Temperatura esterna di progetto	-5.0°C
Temperatura interna di progetto	20.0°C
Altitudine sopra il livello del mare	159 m
Umidità relativa	50.0%
Latitudine	45° 26' Nord
Longitudine	8° 37' Est
Velocità max. del vento e direzione prevalente	1.6 m/s Nord
Temperatura esterna bulbo asciutto	30.5°C
Temperatura esterna bulbo umido	22.3°C
Escursione termica giornaliera	12.0°C

Figura 6 - dati generali e climatici di Novara

Il parametro più interessante ai fini dell'analisi sono i Gradi Giorno (GG), ovvero un parametro che definisce l'andamento delle temperature in una stagione termica. I GG indicano la somma annuale delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura convenzionale fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera per la durata del riscaldamento. I GG sono definiti dalla UNI 10349 e vengono convenzionalmente utilizzati per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio, rappresentano il dato medio su 40 anni.

L'analisi della variabilità delle condizioni climatiche è il presupposto a qualsiasi valutazione del comportamento energetico di un edificio. In primo luogo, infatti, i consumi termici di un edificio variano al variare delle condizioni climatiche, pertanto ogni variazione non riconducibile all'aumento o alla diminuzione della temperatura esterna dipende da fattori legati all'uso ed alla manutenzione dell'edificio.

2.1.1 Andamento gradi giorno

L'andamento dei gradi giorno negli anni 2005-2006, 2006-2007-2007-2008 viene riassunto nelle seguenti tabelle, prendendo come riferimento i dati reali di Novara.

Questi gradi giorni sono stati utilizzati per la modellazione dell'edificio con il Tool Edilclima per formulare l'andamento dei consumi e il loro rapporto con le variazioni climatiche e per verificare la correttezza del modello elaborato; si è proceduto infatti a modellare i consumi attuali dell'Istituto e poi inserendo i gradi giorno reali degli anni precedenti si è verificata la correttezza del modello elaborato.

MEDIE MENSILI 2005 - 2006		MEDIE MENSILI 2006 - 2007	
GRADI GIORNO 2460		GRADI GIORNO 1778	
OTTOBRE	13,6	OTTOBRE	15,6
NOVEMBRE	6,9	NOVEMBRE	9,8
DICEMBRE	1,5	DICEMBRE	5,1
GENNAIO	1,3	GENNAIO	5,8
FEBBRAIO	3,3	FEBBRAIO	7,0
MARZO	7,9	MARZO	10,8
APRILE	13,8	APRILE	17,6

MEDIE MENSILI 2007 - 2008	
GRADI GIORNO 2180	
OTTOBRE	13,9
NOVEMBRE	7,8
DICEMBRE	3,3
GENNAIO	4,5
FEBBRAIO	6,1
MARZO	10,1
APRILE	12,8

Tabella 4 - Gradi giorni a Novara

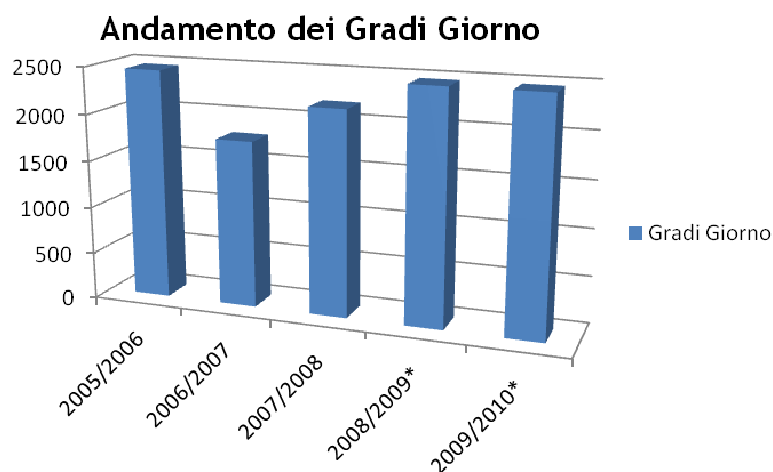


Figura 15 - Andamento dei gradi giorno

3. Identificazione delle criticità

Da una prima analisi dei parametri costruttivi dell'edificio è possibile evidenziare i problemi indicati nella seguente. Per ogni problema è presentata una immagine esplicativa e una breve descrizione.

Problema		Descrizione
Scarsa capacità isolante delle finestre		I serramenti non garantiscono gli standard di trasmittanza richiesti da normativa, neanche quelli in alluminio con vetrocamera. Comportano quindi un'eccessiva trasmissione del calore verso l'ambiente esterno.
Assenza di isolamento delle pareti esterne	 	In base ai rilievi ed ai calcoli effettuati, i valori di trasmittanza corrispondenti agli elementi edilizi che compongono le pareti verticali risultano mediamente elevati. Ciò comporta perdite di calore in inverno ed eccessivo riscaldamento in estate. E' opportuno prevedere la coibentazione dall'esterno delle pareti.
Presenza di ponti termici		I ponti termici sono punti di discontinuità delle caratteristiche termiche negli elementi edilizi e costituiscono una via privilegiata per gli scambi di calore da e verso l'esterno. L'unica soluzione per l'abbattimento dei PT consiste nella realizzazione di un cappotto esterno.
Scarso isolamento del tetto		Anche i valori di trasmittanza delle coperture dell'edificio scolastico risultano elevati. Ciò comporta perdite di calore in inverno ed eccessivo riscaldamento in estate. E' opportuno prevedere la coibentazione della copertura dall'esterno. Si è notato infatti che all'ultimo piano il numero degli elementi dei radiatori è maggiorato rispetto a quello del piano inferiore, probabilmente per rispondere alla perdita di calore attraverso il tetto.

Scarso isolamento del basamento		Lo scarso isolamento del basamento e dell'intero piano interrato possono causare infiltrazioni di acqua, umidità e muffa
Impianto termico		Le caldaie sono a gasolio e presentano dei rendimenti piuttosto bassi. Si valuta l'ipotesi di convertire l'impianto a Gas metano con caldaie a condensazione.
Regolazione		Non è presente una regolazione basata sulle caratteristiche microclimatiche di ciascuna aula, questo comporta un eccessivo riscaldamento degli ambienti, che non tiene in conto degli apporti gratuiti delle persone, delle luci.. Non permette inoltre la regolazione manuale all'interno delle aule, se non attraverso l'apertura di finestre.
Superficie disperdente trasparente elevata		La quantità di superficie trasparente è elevata, in confronto con la superficie opaca che comporta una trasmittanza più elevata delle superfici vetrate rispetto a quelle opache con un maggiore scambio di calore verso l'esterno.
Schermature solari e controllo luminoso		Si rileva un problema di forte irraggiamento solare nelle aule esposte a sud-est; se questo consente buoni apporti solari nei mesi invernali, d'altro canto determina un eccessivo riscaldamento degli ambienti nei mesi estivi, oltre all'eccessiva illuminazione naturale e conseguenti problemi di riverbero. Si consiglia l'installazione di schermature esterne a lamelle mobili, soluzione decisamente più efficiente rispetto alle veneziane interne attualmente in uso e in pessimo stato di conservazione.
Assenza di un sistema di Building Automation		Durante il sopralluogo si è riscontrata la mancanza di un sistema di Building Automation. Il sistema di Building Automation di attivare e regolare in automatico tutti quei servizi che normalmente sono già forniti ma non integrati (illuminazione artificiale, climatizzazione,...)

Tabella 5 - Problematiche riscontrate nel sistema edificio - impianto

4. Analisi energetica dell'edificio

Per riuscire a individuare il potenziale di miglioramento dell'involucro edilizio e il conseguente risparmio ottenibile mediante interventi su muratura e impianti si procede alla costruzione di un modello base che restituisce l'edificio nella sua condizione attuale e che, successivamente, viene trasformato nelle sue caratteristiche termo-fisiche, apportando ad ogni simulazione un intervento migliorativo tra quelli identificati come più urgenti dall'analisi delle criticità del sistema edificio - impianto.

Questa azione è fondamentale per potere poi determinare rapporto tra costo dell'investimento iniziale, beneficio apportato in termini di risparmio energetico e tempi di rientro degli investimenti

Per la costruzione del modello si è fatto uso del programma di progettazione termotecnica Edilclima EC 601 (v. 7.4.1), che utilizza gli algoritmi della norma UNI TS 11300.

Il primo passo è la ricostruzione dell'edificio in termini di caratteristiche termofisiche di ogni elemento costruttivo che costituisce l'involucro, attraverso i parametri dei singoli materiali. Per ogni elemento viene indicata la superficie, distinta a seconda dell'orientamento. Questo parametro, congiuntamente alla temperatura di progetto, permette di definire la potenza dell'edificio e di definire contestualmente come le dispersioni di calore si distribuiscono attraverso l'involucro.

In secondo luogo vengono definite le grandezze che consentono di calcolare gli apporti gratuiti e le dispersioni dovute alla ventilazione.

Il comportamento dell'edificio durante la stagione di riscaldamento viene poi simulato, prendendo in considerazione i parametri dell'impianto termico legati alla produzione, alla distribuzione ed alla regolazione del calore.

La valutazione delle prestazioni energetiche di ogni singolo edificio è stata effettuata attraverso il calcolo di alcuni indicatori di efficienza energetica:

- domanda totale di energia per riscaldamento invernale per m³ di volume riscaldato (kWh/m³) confrontata con i corrispondenti valori definiti dalla attuale normativa vigente;
- consumo teorico per m³ di volume riscaldato (kWh/m³);
- la distribuzione delle dispersioni attraverso l'involucro.

Come ultima fase si procede alla validazione dei risultati ottenuti, calibrando il modello sui dati di consumo reale, opportunamente interpretati. Infine, vengono predisposti gli interventi di migliorie delle strutture e degli impianti, con la quantificazione dei consumi associati alle nuove condizioni e la valutazione dei relativi risparmi.

I risultati del modello che simula il comportamento energetico dell'edificio, dal punto di vista termico, sono messi a confronto con i valori limite di fabbisogno energetico per il riscaldamento per le nuove costruzioni e definiti dalla DELIBERAZIONE DEL CONSIGLIO REGIONALE n. 98-1247 11 gennaio 2007 (Stralcio di Piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento) della Regione Piemonte e dal DGR 46-11968 del 2009.

4.1.1 Analisi dei consumi

I consumi sono stati valutati tramite l'analisi dei dati forniti dall'Ufficio Ambiente. Il seguente schema riassuntivo presenta l'andamento dei consumi negli ultimi anni e i consumi specifici valutati in base all'ipotesi di diversi interventi migliorativi.

4.1.1.1 Consumi termici

Andamento annuo

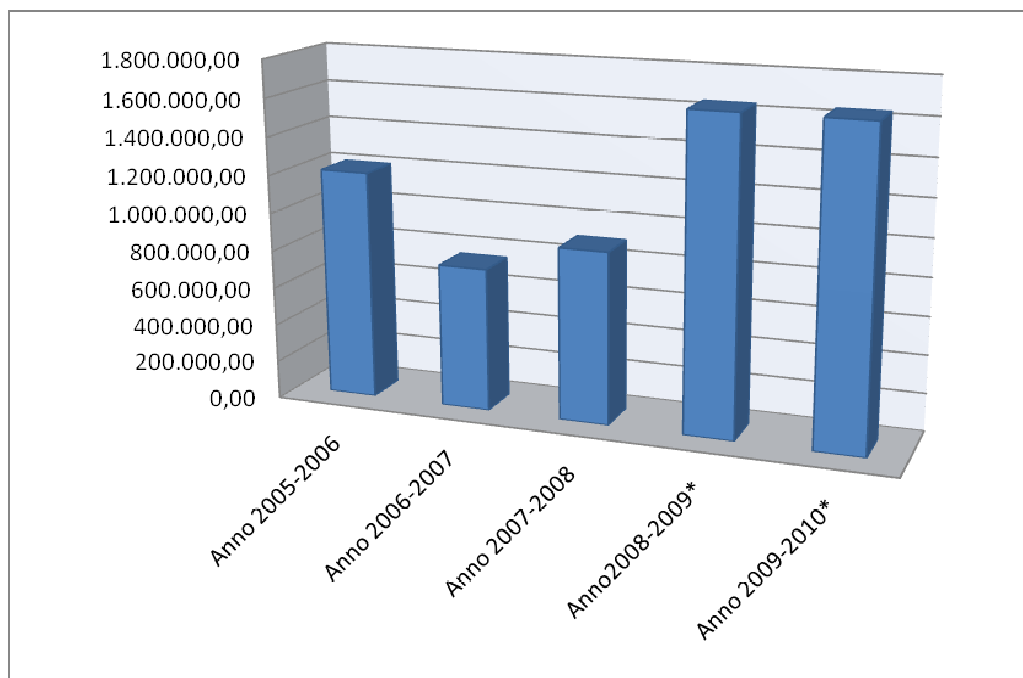


Figura 16 - Consumi energia primaria

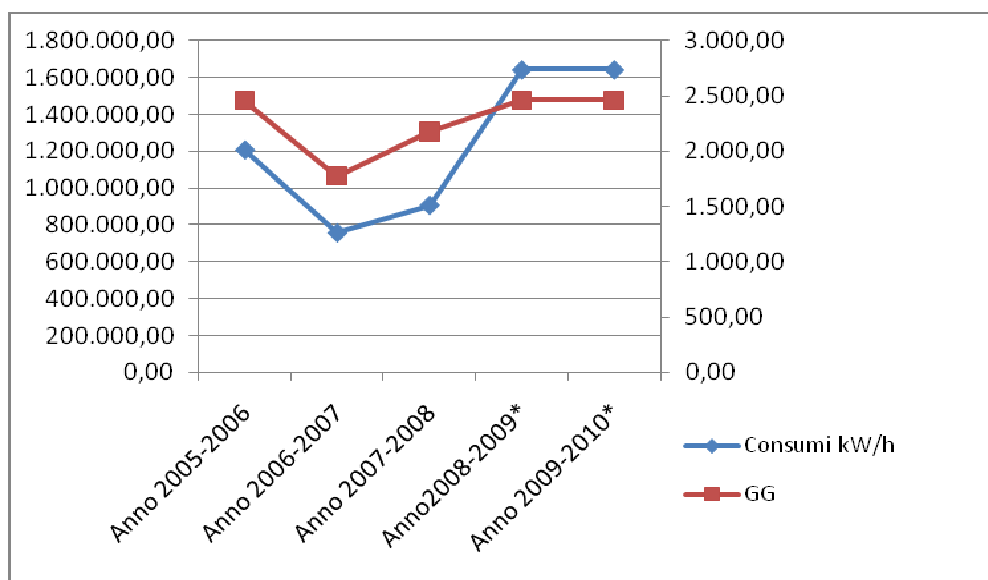


Figura 17 - Andamento Consumi e GG

Si può notare una corrispondenza tra i GG riscontrati e l'andamento dei consumi; nonostante un incremento dei consumi molto più accelerato rispetto all'andamento dei gradi giorno; è da considerare però che i gradi giorno forniti utilizzati per la modellazione del 2008-2009, non sono quelli reali, ma quelli ricavati dalla norma UNI 10349.

Riportiamo di seguito dei grafici che sintetizzano quali sono i motivi e le cause di dispersione dell'edificio.

■ Energia per dispersioni ■ Energia per ventilazione

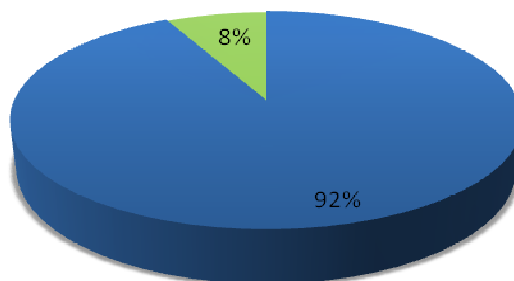


Figura 18 - Rapporto perdite dispersioni - ventilazione

In questo edificio le perdite per ventilazione rappresentano un 8% rispetto alle perdite complessive che avvengono attraverso l'involucro opaco o trasparente, il basamento e la copertura.

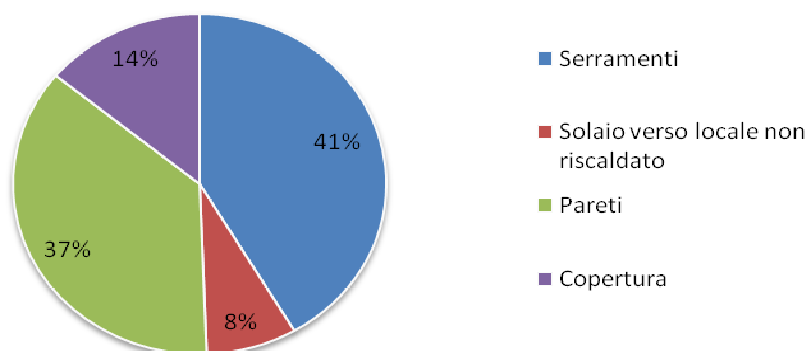


Figura 19 - Perdite di calore in percentuale attraverso le strutture

Dalla figura 19 è evidente che le maggiori dispersioni sono dovute ai serramenti, che in proporzione, hanno la superficie maggiore sia in termini di quantità, sia con la trasmittanza più elevata.

Oltre alle dispersioni per ventilazione e per trasmissioni, ci sono delle perdite di calore dovute al surriscaldamento delle aule e al conseguente ricambio d'aria ad opera degli studenti.

Questo dato non può emergere dai risultati del modello, ma è stato verificato durante il sopralluogo e confermato da tutte le persone che ci hanno guidato attraverso gli edifici.

Il problema è sempre lo stesso: le aule sono troppo calde, soprattutto quelle all'ultimo piano, in cui è stato potenziato il riscaldamento per contrastare le perdite attraverso la copertura; non essendo presente un sistema di regolazione, gli utenti finali, ragazzi ed insegnanti, si vedono costretti ad aprire le finestre nonostante il funzionamento dei radiatori.

5. Proposta di interventi migliorativi

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

5.1 Intervento 1 - Sostituzione serramenti

Per ottenere le prestazioni termiche assicurate dal fornitore di serramenti è necessario che l'installazione sia eseguita a regola d'arte riducendo il più possibile il ponte termico che si viene a creare in corrispondenza dell'incontro fra il telaio del serramento e la parete.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m ²]	U nuova [W/m ² K]	U limite [W/m ² K]
Intervento 1	Sostituzione serramenti	L'intervento prevede la sostituzione di tutte le finestre dell'edificio con serramenti in alluminio a taglio termico o legno con vetrocamera basso emissivi.	1.901	1,6 - 1,8	1.8

Tabella 6 - interventi migliorativi

5.2 Intervento 2 - Coibentazione delle pareti

La coibentazione delle pareti può essere eseguita dall'interno, dall'esterno o attraverso insufflazioni interstiziali; l'unico sistema che permette però di ridurre tutti i ponti termici è il cappotto esterno che riesca ad avvolgere completamente le strutture disperdenti creando una barriera anche in corrispondenza delle strutture portanti che generano sempre ponti termici.

L'unico problema che presenta questa tipologia di isolamento è l'alterazione dei caratteri linguistici delle facciate, anche se oggi si sta avanzando nello studio di soluzioni sempre più avanzate che permettono l'applicazione di rivestimenti di vario tipo; ovviamente con il raffinarsi della tecnologia, crescono anche i costi.

Per la nostra simulazione abbiamo scelto una posa tradizionale con l'applicazione di un primo strato di isolamento sul supporto murario esistente.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m ²]	U nuova [W/m ² K]	U limite [W/m ² K]
Intervento 2	Coibentazione delle pareti	L'intervento prevede la coibentazione delle pareti attraverso un sistema a cappotto mediante l'applicazione di lastre di polistirene espanso, estruso con pelle (M.V. = 30 Kg/mq; $\lambda = 0,036$ W/mk) da 10 cm	2.830	0,29	1.8

Tabella 7 - interventi migliorativi

5.3 Intervento 3 - Coibentazione della copertura

La coibentazione della copertura permette di ridurre le dispersioni dell'ultimo piano che, a contatto con l'ambiente esterno, ha un flusso di calore maggiore rispetto ai piani sottostanti; per contrastare queste perdite di calore, normalmente si potenziano i radiatori, aggiungendo un numero di componenti rispetto ai corpi scaldanti equivalenti dei piani inferiori, proprio come nel caso dell'istituto esaminato.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m ²]	U nuova [W/m ² K]	U limite [W/m ² K]
Intervento 3	Coibentazione copertura	L'intervento prevede l'applicazione di lastre di polistirene espanso, estruso con pelle (M.V. = 30 Kg/mq; $\lambda = 0,036$ W/mk) da 10 cm. È prevista anche l'applicazione di un manto impermeabilizzante. L'intervento garantisce, in media, la rispondenza dei valori limite di trasmittanza definiti dalla normativa regionale.	1.481	0,29	0.24

Tabella 8 - interventi migliorativi

5.4 Intervento 4 - Caldaia a condensazione + valvole termostatiche

L'intervento di sostituzione della caldaia, per il presente istituto ha un duplice beneficio, va a migliorare l'efficienza della macchina, che della fonte energetica che passa da gasolio a gas metano, energeticamente più efficiente e più pulito.

All'installazione della caldaia viene poi associata l'installazione di valvole termostatiche che permettono di regolare l'emissione di calore direttamente sul singolo radiatore.

Questo intervento conferisce agli utenti la libertà di modificare la temperatura interna, evitando di aprire le finestre come succede spesso negli istituti.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m ²]	U nuova [W/m ² K]	U limite [W/m ² K]
Intervento 4	Caldaia a condensazione + valvole termostatiche	L'intervento prevede la sostituzione delle caldaie esistenti a gasolio con caldaie a condensazione a gas metano che garantiscono rendimenti maggiore con conseguente risparmio di energia e minor inquinamento. Inoltre per migliorare ulteriormente l'efficienza del sistema di riscaldamento vengono installate su ogni terminale di erogazione	5.060,54	Rendimento	//

Tabella 9 - interventi migliorativi

5.5 Intervento 5 - Installazione valvole termostatiche

L'installazione delle valvole termostatiche consente una riduzione dei consumi legati alla regolazione dell'impianto e consente un'interazione diretta con il fruitore finale; questa libertà per una destinazione d'uso scolastica può sicuramente essere causa di problemi, legata a fenomeni di utilizzo improprio delle valvole o ad atti di vandalismo.

Per diminuire la possibilità che i ragazzi danneggino le valvole, sarà necessario prevedere delle protezioni che limiteranno l'utilizzo al solo personale indicato dal responsabile dell'istituto.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m ²]	U nuova [W/m ² K]	U limite [W/m ² K]
Intervento 5	Installazione di valvole termostatiche	Per migliorare l'efficienza del'impianto termico occorre installare delle valvole termostatiche su ogni terminale di erogazione, migliorando anche il comfort abitativo in ogni singola stanza.	184 corpi scaldanti	//	//

Tabella 10 - interventi migliorativi

5.6 Intervento 6 - Building Automation

Il sistema di Building Automation consente di ridurre gli sprechi legati ad una gestione ed ad un uso non ottimale delle utenze elettriche e termiche, che in un edificio scolastico sono notevoli.

Si propone pertanto un sistema di Building Automation in grado di gestire in modo intelligente la temperatura, l'illuminazione e l'umidità relativa dei locali dell'istituto.

La soluzione proposta prevede una dorsale di interpiano cablata che collega gli apparati di piano.

Tali apparati saranno interconnessi in modo wireless con i sensori di temperatura, umidità e di illuminazione presenti sui singoli piani.

Le funzionalità implementate dal sistema di Building Automation sono descritte nelle seguenti sezioni.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m ²]	U nuova [W/m ² K]	U limite [W/m ² K]
Intervento 6	Building Automation	Il sistema di Building Automation prevede di integrare il controllo della temperatura e dell'umidità mediante l'applicazione di sensori di temperatura e di umidità nelle singole aule e del sistema di controllo luminoso mediante l'applicazione di sensori di luce e rilevatori di attività/presenza umana all'interno dell'aula stessa. Consentirà inoltre di disattivare la climatizzazione nel singolo ambiente qualora i serramenti siano aperti.	//	//	//

Tabella 11 - interventi migliorativi

5.6.1 Gestione e controllo clima, riscaldamento e raffrescamento

Attraverso il sistema di building automation il progetto prevede il controllo della temperatura e dell'umidità a livello di piano o di singole aule mediante l'applicazione di sensori di temperatura e di umidità relativa; nel primo caso vengono installati in punti identificati significativamente descrittivi del microclima del piano, nel secondo caso invece vengono installati in ciascun'aula.

Il sistema gestirà le valvole motorizzate di piano che andranno a regolare la portata di acqua calda in funzione della temperatura rilevata attraverso dei sensori. Nel secondo caso gestirà le valvole termostatiche in ciascuna aula e inoltre consentirà di disattivare la climatizzazione nel singolo ambiente qualora i serramenti siano aperti.

5.6.2 Gestione dell'illuminazione artificiale

Il servizio "zona/locale ON" offerto dal sistema di building automation e applicato alle singole aule e ai locali di servizio, permetterà di modulare l'accensione dei corpi illuminanti in base alla fascia oraria o a eventuali criteri stabiliti con la committenza.

Riportiamo di seguito uno schema esemplificativo della distribuzione attraverso l'edificio e uno zoom su una singola aula e un'analisi dei benefici apportati dal sistema tecnologico.

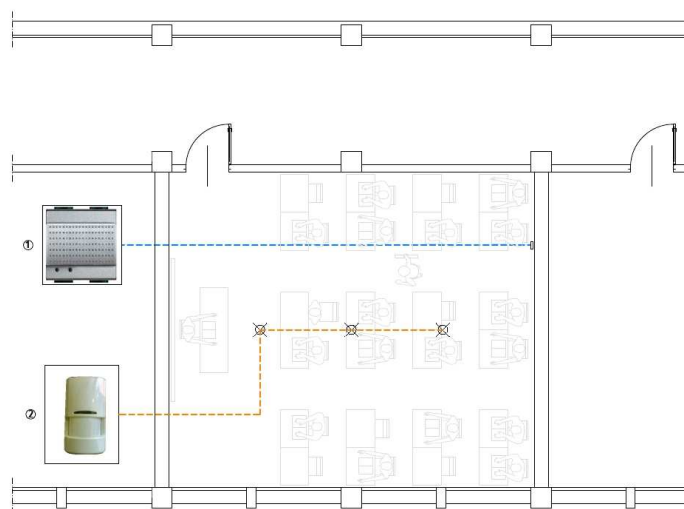


Figura 20 - Applicazione su aula tipo

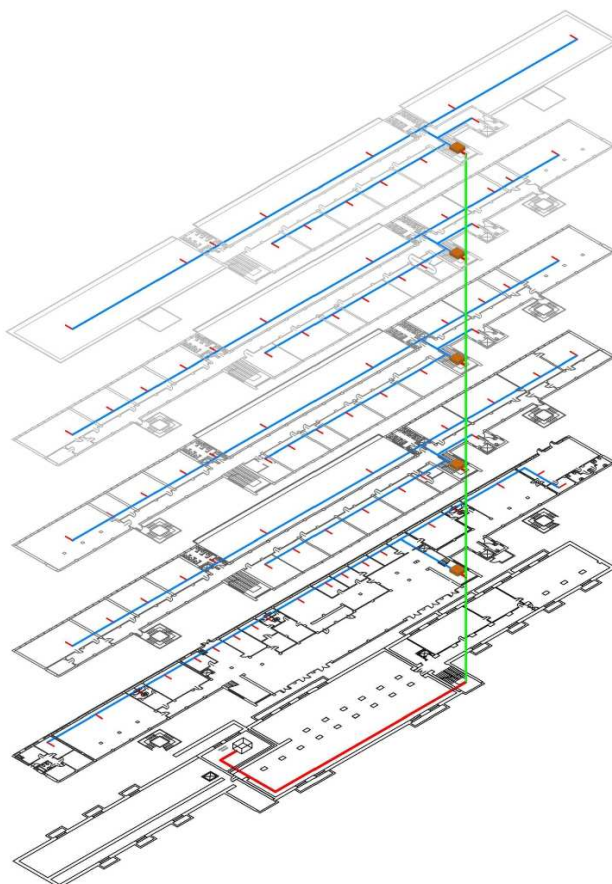


Figura 21 - Schema distributivo edificio

	Energia primaria destinata a climatizzazione [kWh/m ³ anno]	Energia primaria destinata a climatizzazione risparmiata [kWh/m ³ anno]	%	Co ₂ Risparmiata [Kg/anno]
Building Automation Gestione temperatura	63,54	7,06	10,00	43.367,85

Tabella 12 - riepilogo consumi e risparmi post intervento per la funzione di riscaldamento

	kWh elettrici [kWh]	kWh elettrici risparmiati [kWh]	%
Building Automation Gestione illuminazione	91.809,60	22.952,40	20,00

Tabella 13 - riepilogo consumi e risparmi post intervento

5.7 Impianto illuminazione

Per quanto riguarda invece l'impianto di illuminazione, si può dimostrare che solo con la semplice sostituzione delle lampade a fluorescenza con lampade a Led che garantiscano gli stessi Lumen, si possano dimezzare i consumi e di conseguenza i costi.

	Consumo [W]	Lampade per aula	Lampade altri spazi	orario utilizzo [h]	Consumi [kW/h]	Consumi annuali [kW/h]	n°aule	Consumi annuali aule [kW/h]	Consumi annuali altri spazi [kW/h]	Consumi tot [kW/h]	Costo per kW/h [€]	Costo totale giornaliero [€]	Costo totale annuale [€]
Lampade fluorescenza	36,00	20,00	600,00	8,00	5,76	1.687,68	38,00	64.131,84	50.630,40	114.762,24	0,12	13.771,47	5.026.586,11
Lampade Led	18,00	20,00	600,00	8,00	2,88	843,84	38,00	32.065,92	25.315,20	57.381,12	0,12	6.885,73	2.513.293,06

Tabella 14 - riepilogo consumi e risparmi termici post intervento

6. Conclusioni

Nella Tabella 15 sono riportati gli effettivi benefici che gli interventi possono apportare al sistema edificio - impianti, in termini di energia primaria e CO₂, parametri significativi anche negli attestati di certificazione energetica.

	Energia primaria destinata a climatizzazione [kWh/m ³ anno]	Energia primaria risparmiata [kWh/m ³ anno]	%	Co ₂ Risparmiata [Kg/anno]
Sostituzione infissi	61,66	8,94	12,66	57.387,25
Coibentazione delle pareti	43,02	27,58	39,07	177.578,09
Coibentazione del tetto	62,98	7,62	10,79	48.875,89
Sostituzione caldaia a condensazione + valvole termostatiche	52,04	18,56	26,29	119.417,07
Installazione valvole termostatiche	61,84	8,76	12,41	56.226,61
Building Automation Termico	63,54	7,06	10,00	43.367,85

Tabella 15 - riepilogo consumi e risparmi di energia primaria post intervento per la funzione di climatizzazione invernale

	kWh elettrici [kWh]	kWh elettrici risparmiati [kWh]	%
Building Automation Gestione illuminazione	91.809,60	22.952,40	20,00
Sostituzione corpi illuminanti	57.380,90	57.381,10	50,00

Tabella 16 - riepilogo consumi e risparmi elettrici post intervento

La Figura 22 - mostra l'andamento dei consumi in funzione dell'intervento adottato: a valori inferiori corrispondono minori consumi.

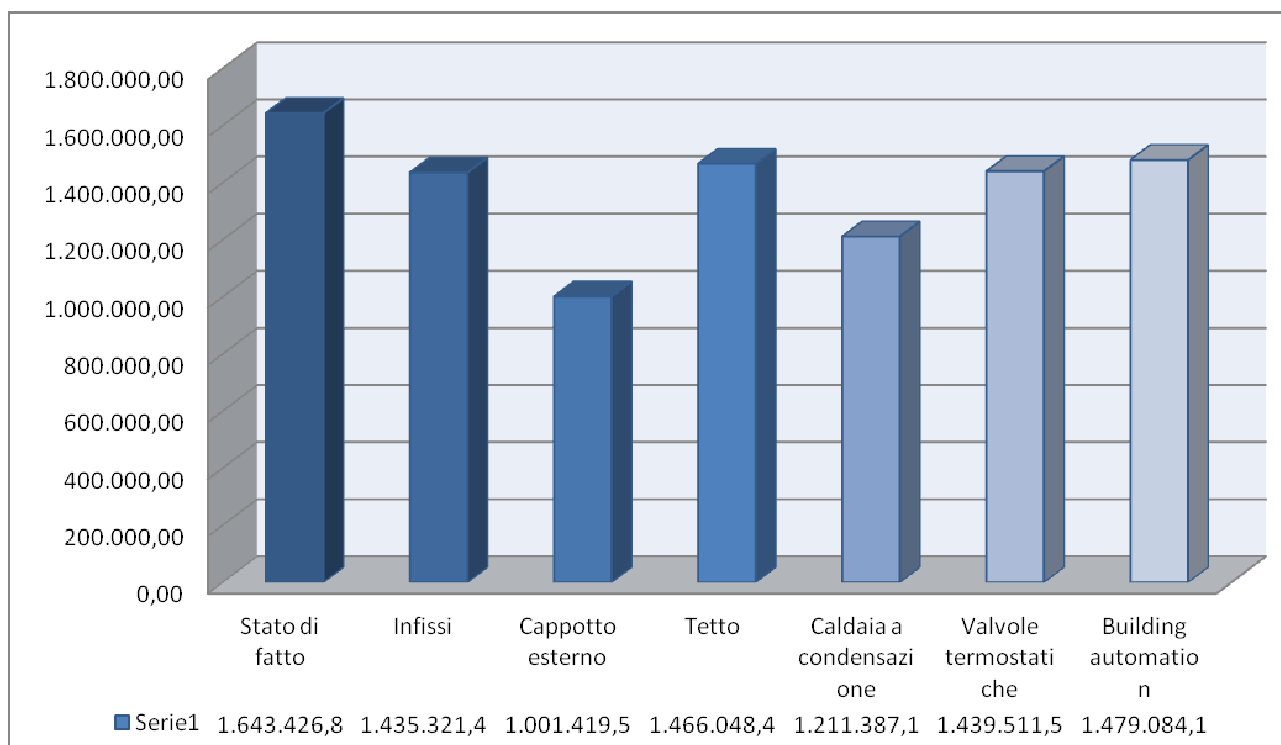


Figura 22 - Andamento dei consumi di energia primaria post intervento per la funzione di climatizzazione invernale

La Figura 23 mostra l'andamento dei consumi di energia elettrica allo stato di fatto rispetto ai consumi stimati prevedendo l'intervento di building automation e di sostituzione dei corpi illuminanti.

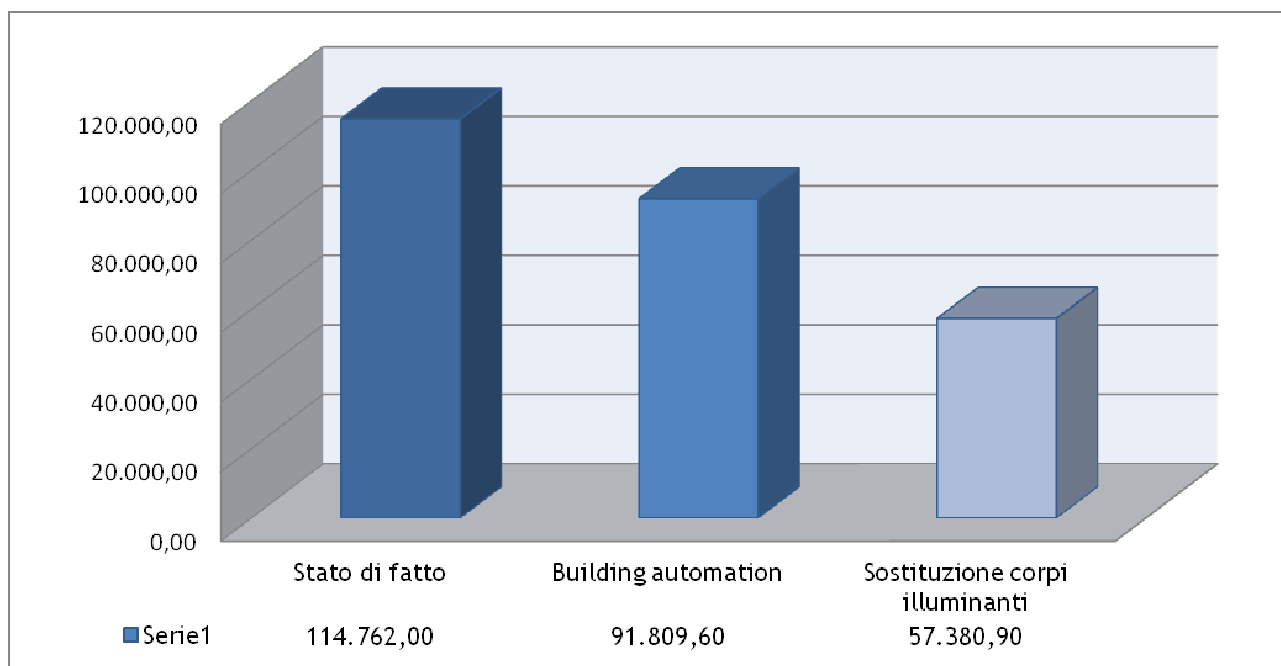


Figura 23 - kWh elettrici consumati

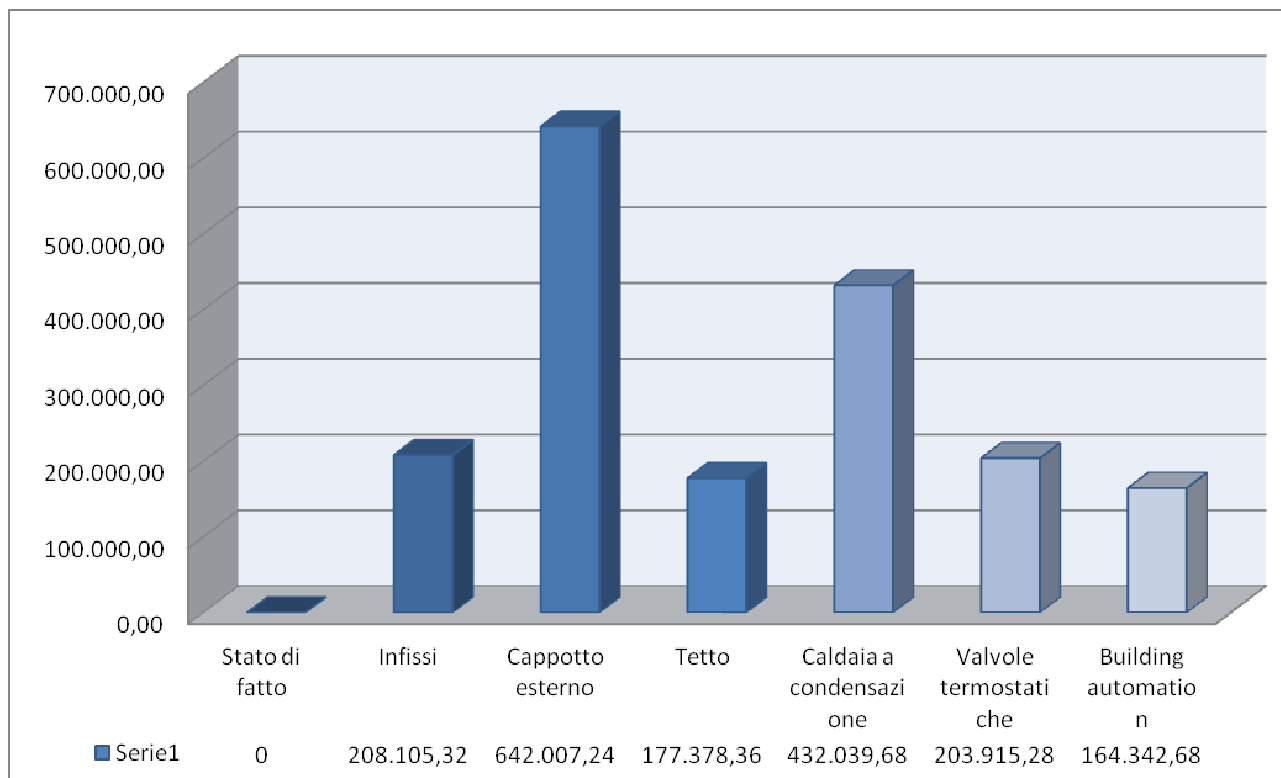


Figura 24 - kWh di energia primaria risparmiati

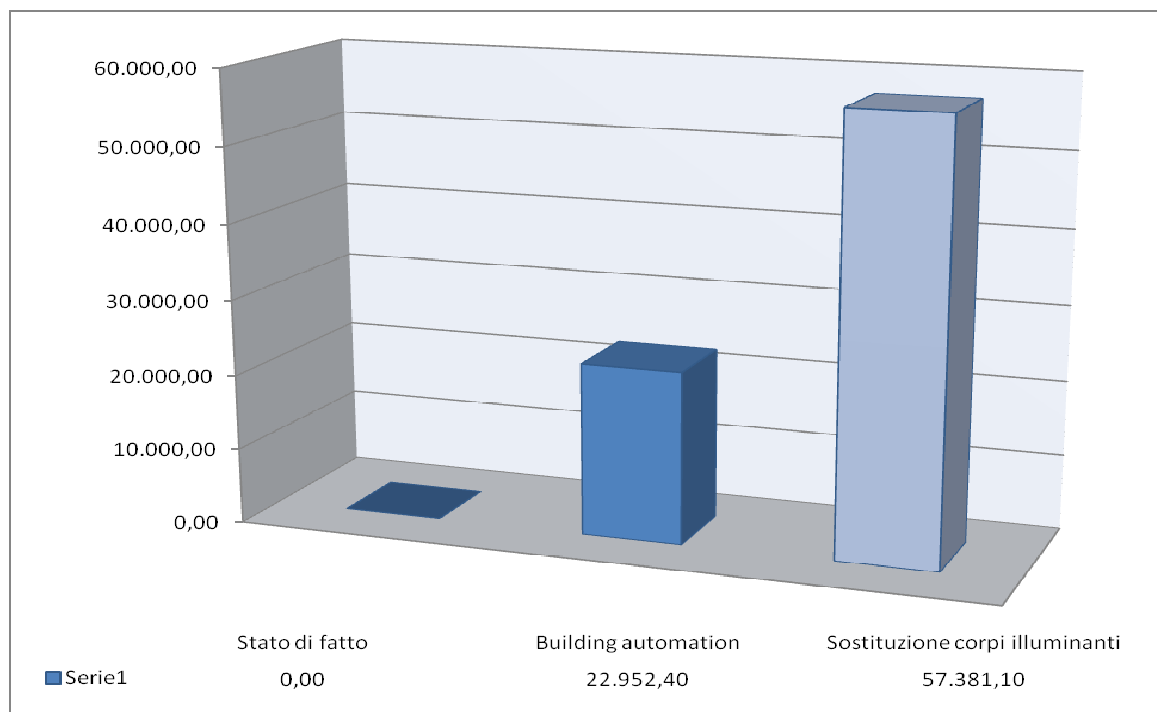


Figura 25 - kWh di energia elettrica risparmiati

Nella Figura 26 sono riportati gli andamenti dei consumi di energia primaria dal 2005, con l'inserimento dell'anno 2010 -2011, in cui sono stati inseriti tutti gli interventi migliorativi.

Si può dedurre che gli interventi portano tutti ad una riduzione dei consumi di circa 20 kWh, ma solo con la posa di un cappotto esterno si riescono ad ottenere risultati notevolmente migliori.

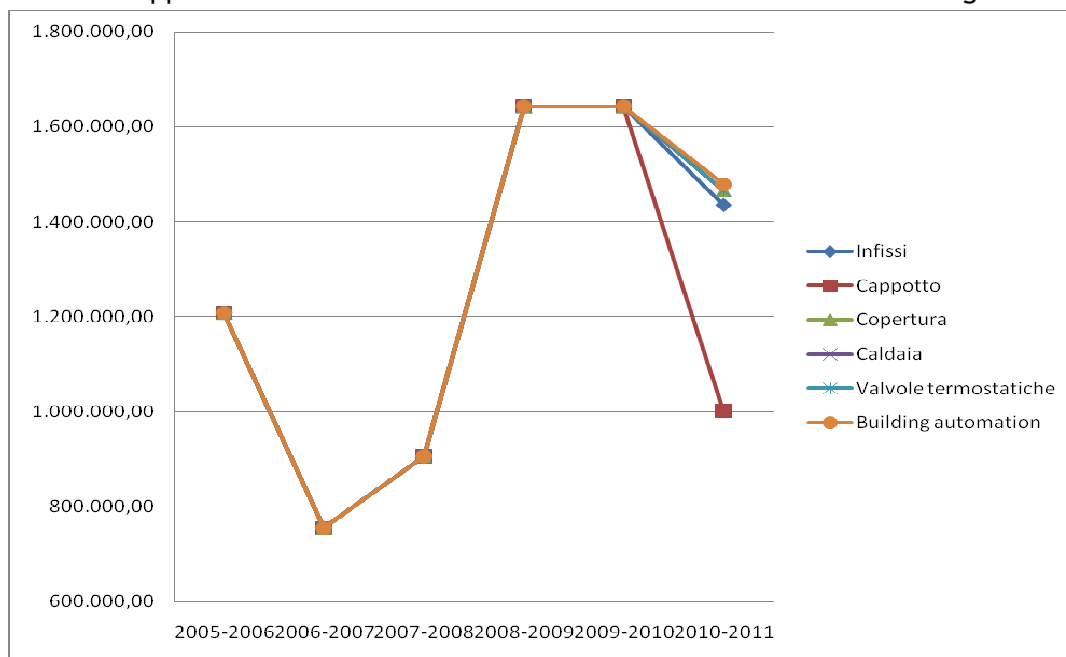


Figura 26 - Andamento dei consumi di energia primaria con interventi migliorativi

6.1 Analisi costi/benefici degli interventi proposti

6.1.1 Interventi sistema Edificio - Impianti

Per gli interventi è stata svolta un'analisi costi/benefici.

Di seguito è riportata la descrizione degli interventi, comprensiva di dettagli sui costi. Le voci di costo e i prezzi associati sono ricavati dal Prezziario delle Opere Pubbliche della Regione Piemonte, aggiornato al 2010. In tabella sono riportati i prezzi unitari (per pezzo o m²), la superficie totale coinvolta (m²) o i pezzi totali utilizzati. I costi sono da considerarsi indicativi e focalizzati sull'intervento di riqualificazione energetica.

Per l'analisi dei costi - benefici apportati dall'installazione di un sistema di building automation, abbiamo ipotizzato in base alle nostre esperienze pregresse una riduzione dei costi energetici variabili tra l'8% e 12%.

La soluzione wireless consente un significativo risparmio economico e al tempo stesso un'elevata modularità delle soluzioni proposte.

È da tenere sempre presente che la Provincia di Novara ha stanziato € 150.000,00 complessivi per la riqualificazione energetica di 3 strutture scolastiche, pertanto sono da valutare gli interventi con il rapporto costi/benefici più alto.

	Voci Costo	Prezzo [€/m ²]	m ²	Totale
Sostituzione dei serramenti (U=1,715)	Rimozione Fornitura Posa	€ 320,00	1901	€ 608.320,00
Cappotto esterno	Fornitura e Posa	€ 40,00	2830	€ 113.200,00
Coibentazione coperture	Fornitura e Posa	€ 40,00	1481	€ 59.240,00
Sostituzione caldaia a gasolio con caldaia a condensazione	Fornitura e installazione	€ 80.000,00	//	€ 80.000,00
Installazione valvole termostatiche	Fornitura e installazione	€ 70,00	184	€ 12.880,00
Building Automation	Fornitura e installazione	//	//	€ 24.000,00
Sostituzione corpi illuminanti	Fornitura e installazione	€ 57,00	1360	€ 77.520,00

Tabella 17 - Analisi dei costi

Nella tabella che segue, per ciascun intervento sono indicati:

- I costi totali relativi a ciascun intervento;
- Risparmio economico annuo dovuto al combustibile risparmiato, calcolato a partire dai m³ di metano risparmiati e dal prezzo medio unitario pari a 0,7 €/m³;
- Tempo di ritorno dell'investimento attualizzato, considerando una percentuale di aumento del prezzo dell'energia pari al 4%/anno ed un tasso di attualizzazione del costo del denaro pari al 3%;
- Il risparmio ottenuto.

Tipologia Intervento	Consumi gas metano		Risparmio fornitura gasolio		Risparmio energia elettrica		Costo intervento [€]	€ risparmiato
	m ³ /anno	[€/anno]	kg/anno	[€/anno]	kWh/anno	[€/anno]		
Sostituzione dei serramenti (U=1,7)			17456	€ 16.408,64	0	€ 0,00	€ 608.320,00	€ 16.408,64
Cappotto esterno			53988	€ 50.748,72	0	€ 0,00	€ 113.200,00	€ 50.748,72
Coibentazione copertura			14859	€ 13.967,46		€ 0,00	€ 59.240,00	€ 13.967,46
Sostituzione caldaia a gasolio con caldaia a condensazione	127848	€ 89.493,60	138327	€ 130.027,38	-1825	-€ 219,00	€ 80.000,00	€ 40.314,78
Installazione valvole termostatiche			17094	€ 16.068,36	0	€ 0,00	€ 12.880,00	€ 16.068,36
Building Automation			13832,7	€ 13.002,74	22952,4	€ 2.754,29	€ 24.000,00	€ 15.757,03
Sostituzione corpi illuminanti					57381,1	€ 6.885,73	€ 77.520,00	€ 6.885,73

Tabella 18 - Rapporto costi benefici

Si può notare come tutti gli interventi comportino un risparmio sulla fornitura di gasolio tranne la sostituzione dei corpi illuminanti che va ad influire solo sui consumi elettrici,

L'intervento di building automation assicura un risparmio sia sulla fornitura di gasolio sia sulla fornitura di energia elettrica, poiché una parte dell'automazione va a controllare la temperatura dei locali, mentre un'altra va a regolare il sistema di illuminazione; in ogni caso i risparmi garantiti attraverso la gestione della regolazione sono dieci volte maggiori a quelli ottenuti sui consumi elettrici. Per edifici scolastici, infatti, i consumi dovuti al riscaldamento incidono su un 70% dei consumi totali dell'edificio, mentre quelli elettrici solo un 30%.

Un caso diverso è quello della sostituzione della caldaia esistente con una caldaia a gas metano che a parità di produzione di calore, ha dei costi economici inferiori e produce una minore quantità di gas inquinanti.

Viene presentato il flusso di cassa di ciascun intervento calcolato su un arco di tempo di dieci anni, intervallo di tempo utile per ritenere significativi i benefici di un investimento.

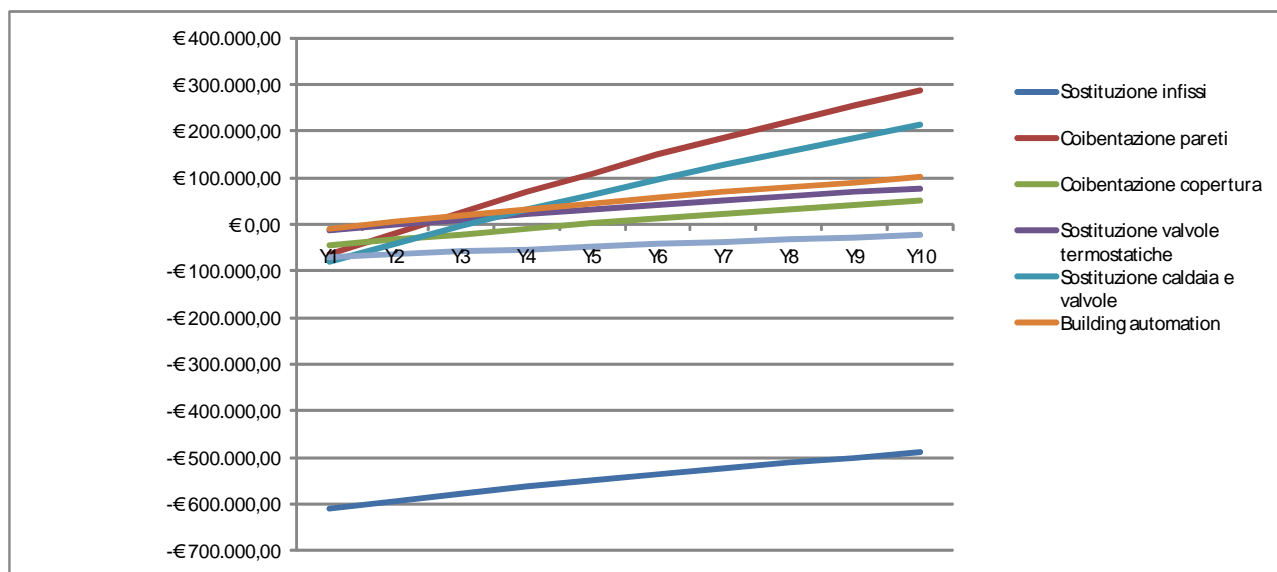


Figura 27 - Flusso di cassa attualizzato per i vari interventi

Dal grafico si evince chiaramente che gli interventi proposti si dividono in quattro classi:

Classe A:

- Coibentazione delle pareti
- Sostituzione della caldaia e installazione valvole termostatiche

L'investimento iniziale di ciascun intervento è notevole, si avvicina ai 100.000€, ma nell'arco di 3 anni si viene ripagati dell'investimento e si ha un risparmio che cresce negli anni, come espresso dall'angolo della tangente alle curve.

Una nota significativa da tenere presente per l'approfondimento della fattibilità degli interventi è che il costo in base a cui si è stimato l'investimento iniziale è legato solo alla fornitura e posa del materiale, senza conteggiare eventuali oneri per il noleggio, l'installazione, il sistema di antifurto e piano sicurezza del ponteggio.

Questi costi presentano troppi aspetti variabili e non quantificabili in questa fase preliminare, ma che vanno ad incidere in maniera forte sulla spesa iniziale.

Classe B:

- Building Automation
- Coibentazione copertura
- Sostituzione valvole termostatiche

L'investimento iniziale di questi interventi è sicuramente più modesto, soprattutto per gli interventi di Building Automation e di sostituzione delle valvole, si è molto vicini allo 0 e nell'arco di massimo cinque anni, per l'intervento di coibentazione della copertura, si riesca a recuperare l'investimento, però il guadagno che assicurano negli anni è sicuramente minore.

Classe C:

- Sostituzione dei corpi illuminanti

L'investimento iniziale si avvicina ai 100.000,00€ e visti i guadagni limitati, l'investimento non rientra in un arco di tempo economicamente interessante.

Classe D:

- Sostituzione dei serramenti

L'investimento ha un costo molto elevato, non sicuramente giustificabile dai guadagni che apporta; il tempo di rientro dell'investimento è sicuramente svantaggioso dal punto di vista economico.