



Progetto LIFE Pianalto
Macroarea Ecobuilding – Progetto Edifici Pubblici



Comune di Chieri
Scuola Media di via Tana

Audit energetico

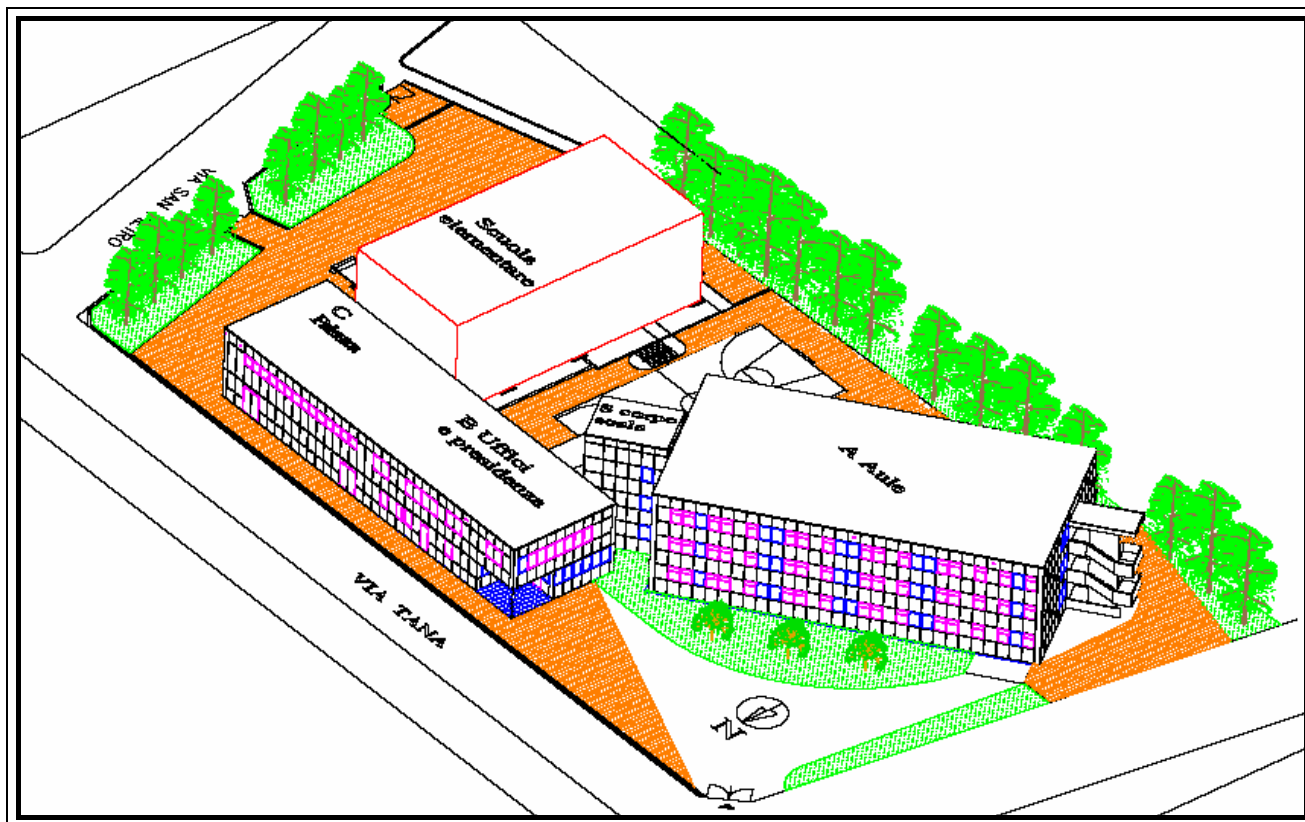
Caratteristiche dell'edificio

L'edificio risale agli anni '60 ed è stato ristrutturato tra il 1990 ed il 1991. La struttura portante è costituita da elementi verticali in acciaio e solai in calcestruzzo armato. La chiusura verticale è stata realizzata da un sistema a "facciata continua" (*curtain wall*) costituita da telai in acciaio (presumibilmente non a taglio termico) e tamponamento opaco costituito da pannelli in materiale plastico (contenenti un sottilissimo strato di isolante termico) e finestre ad anta singola o a doppia apertura (anta + vasistas) dotati di vetrocamera.

Le partizioni interne verticali sono realizzate in pannelli di cartongesso poste su un orditura metallica.

L'edificio della scuola media di via Tana è costituita da tre corpi principali:

- o uno disposto lungo la direttrice Sud-Ovest Nord-Est (corpo A) con superficie di circa 700 m² per ciascuno dei 3 piani fuori terra;
- o uno disposto lungo la direzione Est Ovest (corpi B e C) che si divide in due volumi: quello degli uffici della segreteria (corpo B) e del personale non docente caratterizzato da una superficie di circa 245 m² per ciascuno dei due piani e quello della palestra (corpo C), a tutt'altezza, con una superficie di 250 m²;
- o questi due corpi sono messi in comunicazione tramite un corpo centrale (corpo S) che contiene il corpo scala ed il vano ascensore (collegamenti verticali). La sua superficie è di circa 60 m².



Stato attuale

Attraverso il sopralluogo effettuato e le testimonianze del personale che opera nell'edificio si sono potute individuare alcune problematiche significative, che risultano essere:

- Il mancato raggiungimento della temperatura di comfort invernale (almeno 20°C) e l'esistenza di una situazione di notevole surriscaldamento estivo degli ambienti interni;
- Il cattivo stato manutentivo dell'impianto di riscaldamento (soprattutto dei relativi terminali) che contribuiscono all'inadeguatezza della temperatura invernale all'interno dell'edificio;
- Il disagio termico locale dovuto alla dispersione termica attraverso facciate e copertura non adeguatamente coibentate;
- Le infiltrazioni di acqua da alcune zone della copertura.

Per risolvere o quantomeno ridurre tali inconvenienti si propone un primo pacchetto di interventi di base ritenuti indispensabili.

Non potendo monitorare le temperature dei locali riscaldati nel periodo invernale, si è risaliti al valore di temperatura interna, presunta nel periodo invernale, mediante la simulazione del comportamento fisico tecnico dell'edificio tramite idoneo programma di simulazione.

Sulla base della simulazione numerica, e considerando i reali consumi energetici rilevati dai gestori, si può stimare che nelle condizioni invernali, la temperatura media interna dei locali non superi i 15 - 16°C, generando così le rilevate situazioni di disagio termico. Tale situazione è causata, oltre che dalle insufficienti prestazioni di isolamento termico dell'involucro edilizio, anche dallo stato manutentivo dei terminali impiantistici (semplici convettori), che non permette un'ottimale emissione del calore verso gli ambienti riscaldati.

Proposta di intervento

Le proposte di intervento ritenute indispensabili sono finalizzate a garantire un migliore confort degli utenti della scuola specie nel periodo invernale, considerando che nei mesi estivi più caldi la scuola è chiusa.

Il miglioramento delle condizioni ambientali, con il raggiungimento di una temperatura idonea di circa 20 °C, comporterà inevitabilmente un aumento dei consumi energetici che attualmente sono ridotti dalle scarse prestazioni dell'impianto di riscaldamento, probabilmente sottodimensionato.

Per lo studio dell'edificio si è tenuto in considerazione il fatto che la scuola servirà ancora per pochi anni in quanto è prevista la costruzione di un nuovo edificio.

Per questo motivo gli studi si sono concentrati solo sulle aree delle aule e degli uffici, tralasciando la palestra, ove non si ritengono indispensabili interventi migliorativi del confort visto che vi si praticano in essa attività (esercitazioni fisiche) che ammettono temperature interne inferiori ai 20 °C.



Fig. 1 - Interno delle aule

Interventi urgenti

Sono quegli interventi indispensabili per il raggiungimento delle condizioni di confort nell'ipotesi di dismissione della scuola a breve termine (entro 2 anni).

1) Sostituzione dei terminali dell'impianto di riscaldamento (convettori)

L'impianto di riscaldamento presente nell'edificio ha il sistema di erogazione del calore poco efficiente, in pessime condizioni (molti terminali sono in tali condizioni da compromettere anche un livello minimo di funzionamento; fig. 2) e probabilmente anche sottodimensionato così da non consentire il raggiungimento di una temperatura adeguata all'interno della scuola.

La tipologia e la tecnica costruttiva dei convettori installati, non consente una corretta diffusione del calore per convezione attraverso il sistema di lamelle, troppo facilmente intasabili da polvere e rifiuti. Il tutto è aggravato dal fatto che essi sono ostruiti da numerosi oggetti che i ragazzi gettano al loro interno (fig. 3), non avendo questi alcuna protezione e non essendo i pannelli laterali facilmente smontabili al fine di permettere una facile pulizia. Tutto ciò oltre a rappresentare un problema dal punto di vista della sicurezza, comporta un elemento di ulteriore inefficienza per il funzionamento dell'impianto.



Fig. 2 - Convettore presente nei corridoi



Fig. 3 - Particolare del fondo del convettore presente in una delle aule

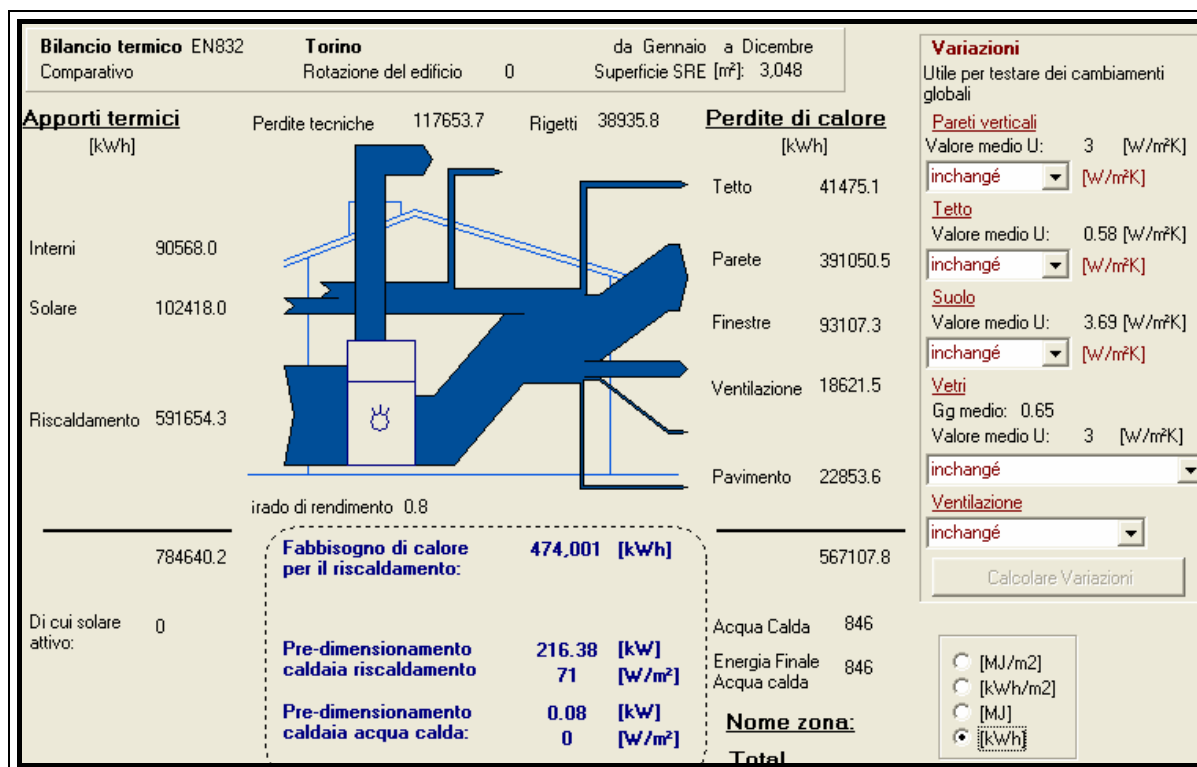


Fig. 5 - Bilancio energetico – simulazione stato attuale con T interna a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Come si può notare dai due bilanci energetici il raggiungimento della temperatura minima di confort ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) comporterebbe un aumento del fabbisogno di calore per il riscaldamento dovuto ad un incremento proporzionale delle perdite attraverso l' involucro.

Temperature di riferimento	Consumo energ. [m^3]
Condizioni reali	27.827
13-15 $^{\circ}\text{C}$ (stimato)	27.007 – 35.801
20 $^{\circ}\text{C}$ (stimato)	62.097

Vista l'impossibilità di effettuare un sopralluogo nella centrale termica dell'edificio, non è stato possibile accertare le caratteristiche tecniche e le condizioni di funzionamento del generatore di calore. La sostituzione dei terminali esistenti, con altri più efficienti, potrebbe comportare la necessità di un potenziamento della capacità di generazione del calore.

2) Infiltrazioni di acqua piovana

Le infiltrazioni di acqua piovana comportano il deterioramento della struttura nel suo complesso e rappresentano un problema di sicurezza specie per quegli ambienti con all'interno apparecchiature elettriche (aula computer e vano ascensore).



Fig. 6 e fig. 7 – Effetti delle infiltrazioni nei locali interni



Soluzione

Si consiglia la re-impermeabilizzazione della copertura metallica e del sistema delle gronde. Eventualmente, per contenere la spesa, l'intervento può essere effettuato solo dove realmente indispensabile e cioè nei punti dove avvengono i fenomeni di infiltrazione. L'impermeabilizzazione può essere realizzata mediante la posa di una guaina liquida da applicare con rullo o pennello. Il preventivo che si propone è stato comunque definito considerando l'impermeabilizzazione di tutta la superficie. Se si intervenisse solo sui punti di infiltrazione il costo risulterebbe ridotto in maniera proporzionale.

Costo unitario da Prezziario Regione Piemonte:

	Superficie copertura [m²]	Costo intervento [€/ m²]	Costo tot intervento [€]
Corpo A	699	14.32	10.016
Corpo B	244.8	14.32	3.505
Corpo S	59	14.32	844
TOTALE			15.800

Il costo totale dei due interventi è riportato nella tabella seguente:

Intervento	Costo [€]
Impermeabilizzazione	15.800
Ventilconvettori	7.800
Totale	23.600

Interventi di medio periodo

Nel caso in cui la scuola dovesse venire ancora utilizzata per un periodo di tempo superiore ai 2 anni, si renderebbe opportuno pensare ad ulteriori interventi migliorativi atti ad aumentare il benessere percepito dagli utenti e a diminuire i consumi energetici.

1) Facciata continua – pannelli opachi

Il tamponamento opaco della facciata continua che costituisce le pareti perimetrali dell'edificio è costituito da pannelli di materiale plastico, all'interno dei quali probabilmente c'è un sottile strato di isolante costituito da polistirolo espanso. L'esiguità dello spessore del materiale isolante non fornendo una adeguata resistenza termica, contribuisce notevolmente a:

- o una eccessiva dispersione termica dell'involucro edilizio, nelle condizioni invernali (con relativi costi energetici correlati);
- o un notevole aumento del carico estivo con conseguente surriscaldamento degli ambienti nel periodo più caldo;
- o una situazione di disagio termico locale per gli utenti che si trovano in prossimità della pareti sia in inverno che in estate.

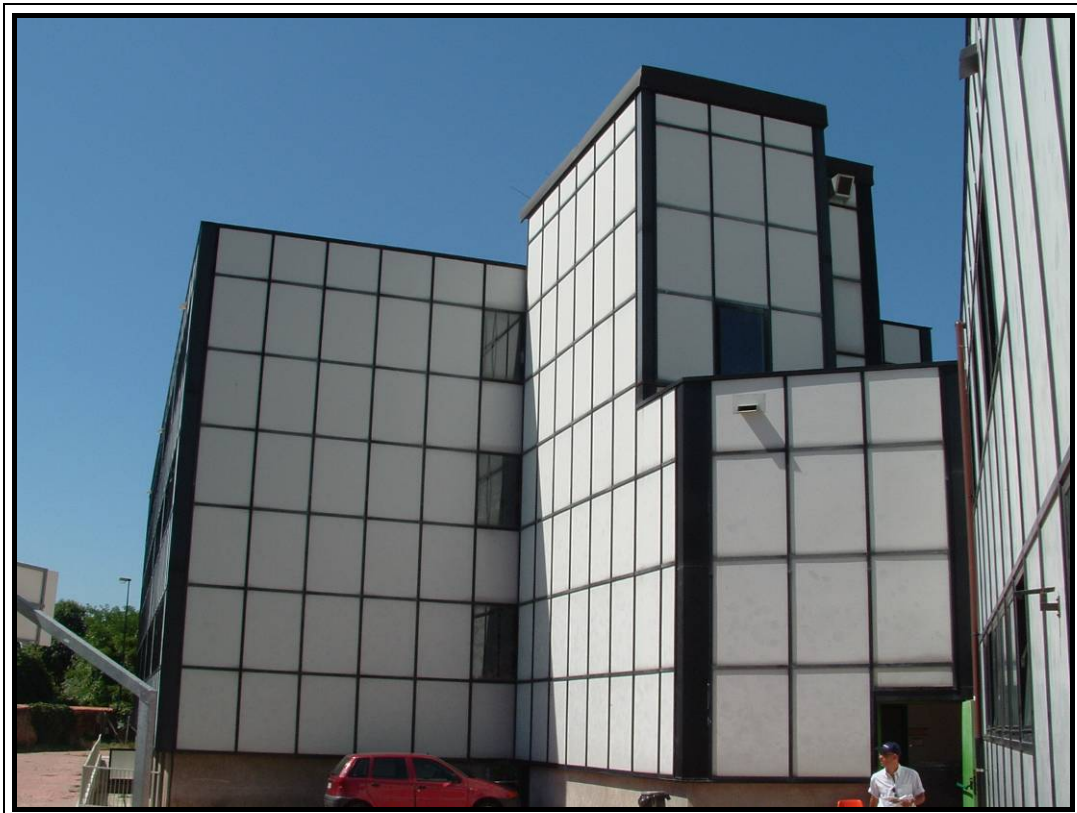


Fig. 8 - Paramento esterno (curtain wall)

Soluzione

Per limitare le dispersioni verso l'esterno e migliorare il confort degli studenti, si consiglia di aumentare la resistenza termica delle pareti.

A questo scopo, la soluzione ritenuta più idonea in termini sia di costo sia di ridotta interferenza con le attività didattiche è rappresentata dall'installazione di un sistema di pannelli isolanti addizionali posti come rivestimento interno dei pannelli opachi esistenti. I pannelli isolanti possono essere realizzati da un sandwich in tre strati così composto (a partire da quello a contatto con il pannello esistente):

- strato di canapa di 3 cm di spessore (min);
- strato di alluminio riflettente;
- rivestimento protettivo in lamiera zincata verniciata.

I pannelli possono essere fissati ai telai esistenti con rivetti o viti autofilettanti, riducendo al minimo i tempi di esecuzione.

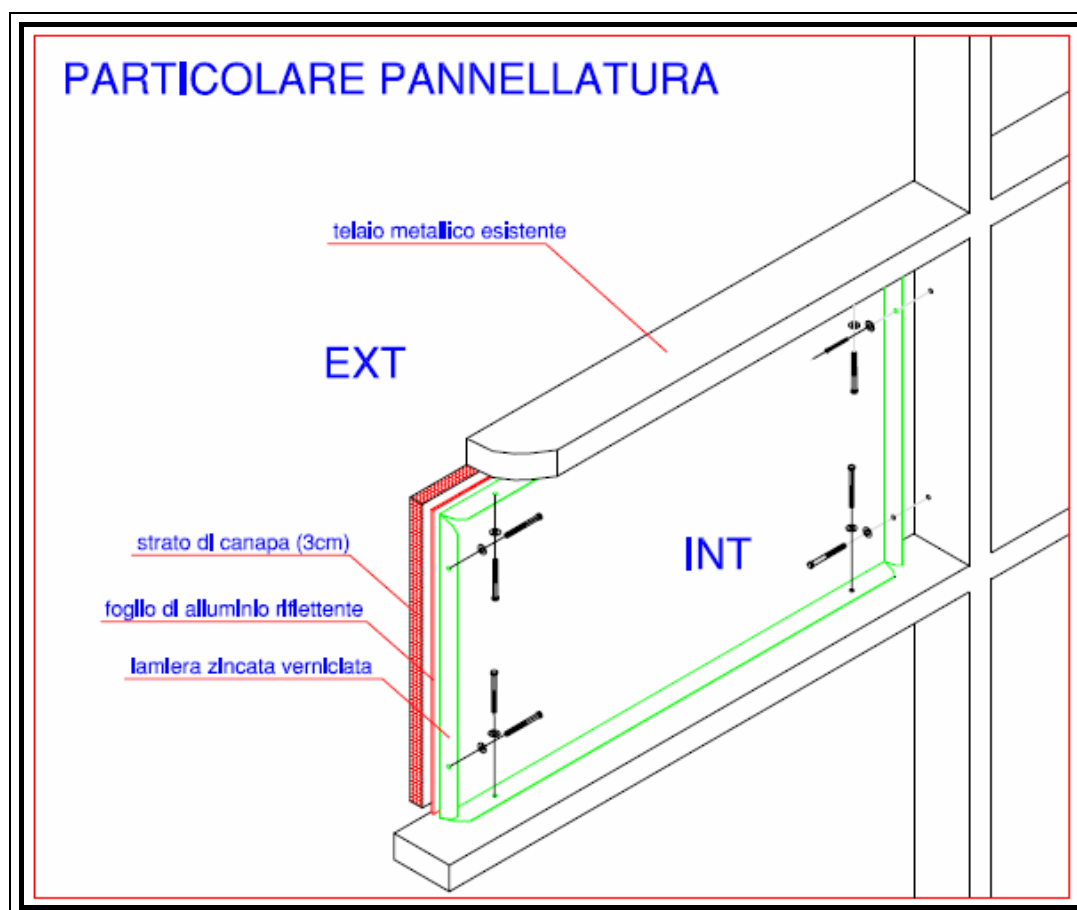


Fig. 9 - Particolare costruttivo relativo all'intervento proposto

Un intervento di coibentazione dall'interno è in questo caso preferibile rispetto ad uno analogo fatto all'esterno in quanto quest'ultimo comporterebbe anche la ridefinizione dei giunti dei telai nonché il costo dell'allestimento dei ponteggi.



Fig. 10 - Zone di intervento per l'isolamento delle parti opache dell'involucro

In tabella si riporta il costo previsto per la coibentazione delle pareti esterne:

	Superficie [m ²]	Costo intervento [€/m ²]	Costo intervento [€]
Corpo A	1522	40.817	62.121
Corpo B	387.51	40.817	15.817
Corpo S	27	40.817	1.102

TOT costo intervento

86.945

L'intervento consentirebbe di conseguire un notevole risparmio sulla bolletta energetica, consentendo un ritorno dell'investimento in poco più di 8 anni.

2) Copertura

E' possibile pensare di migliorare anche la situazione della copertura, che attualmente risulta essere realizzata con una pendenza esigua, fattore che può contribuire all'innesco di infiltrazioni di acqua nel periodo invernale. A tale proposito si propone di installare un secondo tetto, al di sopra di quello esistente, usando pannelli prefabbricati in acciaio ed eliminando il costo dell'impermeabilizzazione. Si suggerisce di realizzare il tetto nuovo con una pendenza maggiore, per permettere un migliore deflusso dell'acqua e un minore ristagno di neve nel periodo invernale.



Fig. 12 e fig. 13 – Viste della copertura



Il tetto potrebbe essere così costituito, dal basso verso l'alto:

- strato di tenuta della copertura esistente;
- pannello di canapa da 3 cm di spessore (minimo);
- foglio di alluminio riflettente;
- lamiera in acciaio di copertura (nuovo strato di tenuta all'acqua).

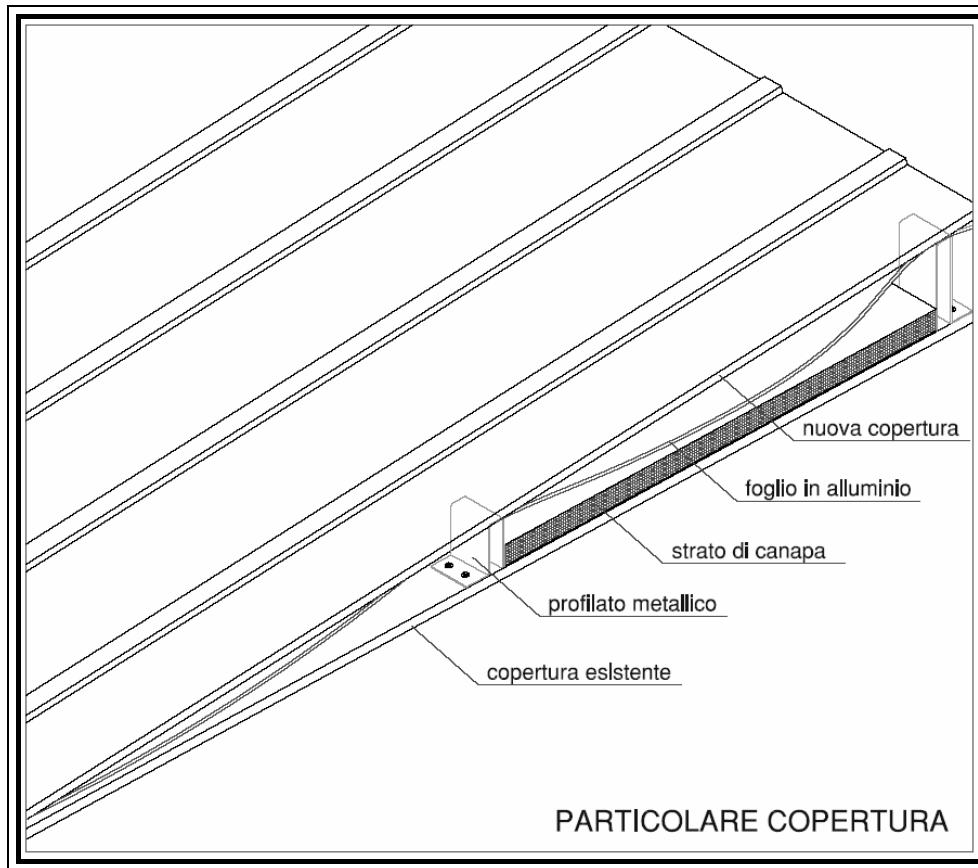


Fig. 14 - Particolare costruttivo dell'intervento proposto

Tale soluzione permette di migliorare le prestazioni di isolamento termico della copertura limitando le dispersioni di calore attraverso di essa nel periodo invernale e contribuisce alla riduzione del carico estivo migliorando sensibilmente le condizioni di confort estivo negli ambienti posti nell'ultimo piano dell'edificio.

Dal bilancio energetico riportato qui di seguito, si nota come un tale intervento dimezzi le dispersioni di energia attraverso la copertura, rispetto a quanto risulta dalla simulazione dello stato attuale con T interna a 20 °C (fig. 5).

Le dispersioni passano da 41.475 kWh a 21.161 kWh con conseguente diminuzione del fabbisogno di calore per il riscaldamento da 474.001 kWh a 268.318 kWh.

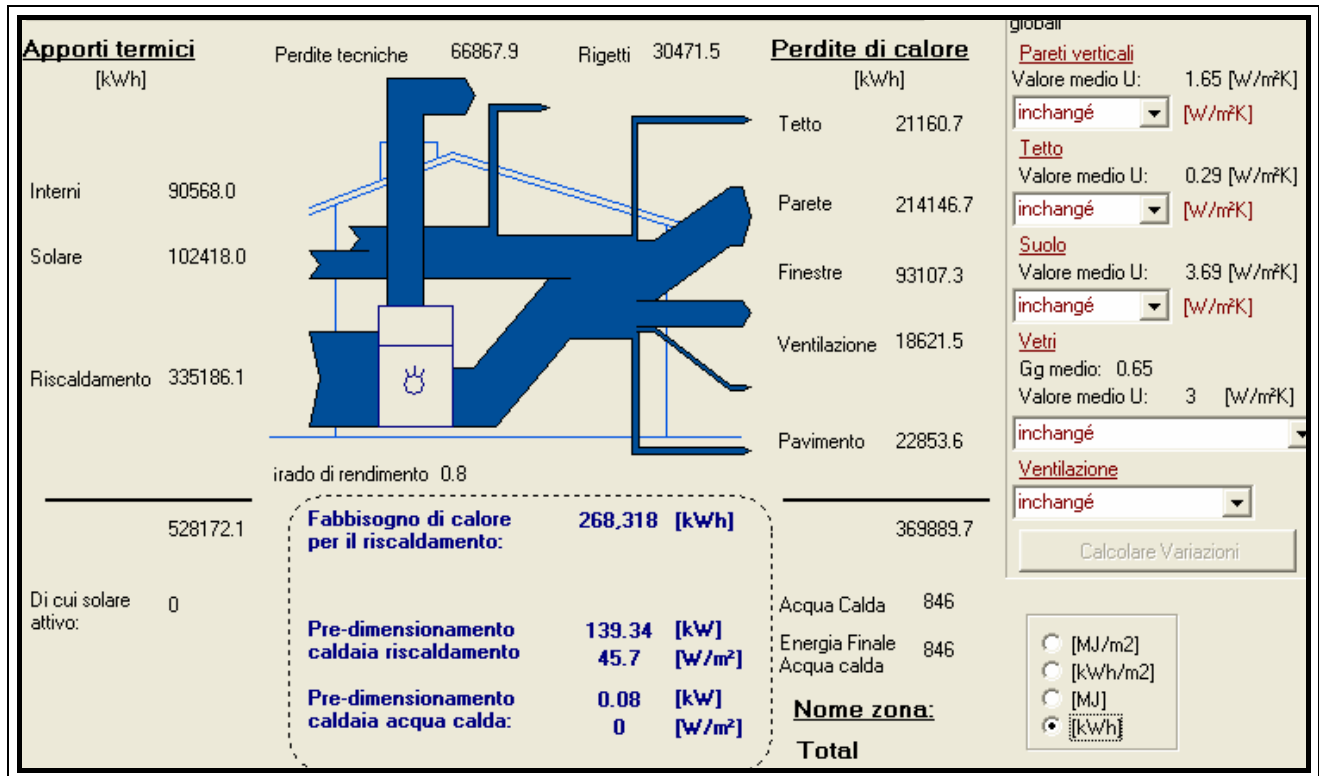


Figura 1 - bilancio energetico simulazione a 20 °C con coibentazione su pareti e copertura

Dal calcolo economico fatto confrontando la situazione attuale con T a 20 °C con quella in cui è previsto l'isolamento delle pareti e della copertura, il payback time aumenta sensibilmente. Va però tenuto conto che la nuova copertura è richiesta per risolvere problemi di infiltrazioni ed è solo l'extra isolamento che produce un effetto energetico sensibile durante i mesi invernali (l'effetto di riduzione del carico termico estivo dovuto alla copertura ventilata, non si riflette sulla bolletta energetica non essendoci impianto di condizionamento).

Riepilogo dei costi complessivi degli interventi di medio periodo:

Costo nuovo tetto con isolamento intermedio [€]	58.890
Costo isolamento pareti verticali [€]	86.945
Costo totale interventi di isolamento involucro [€]	145.835
Risparmio combustibile [m³/a]	26.918
Risparmio bolletta [€/anno]	11.305
Payback time semplice [anni]	15

Analisi della problematica dei ponti termici

La trasmittanza complessiva media delle superfici opache verticali dell'involucro edilizio, considerando l'isolamento dei pannelli opachi con pannelli di canapa di 3 cm, risulta pari a $1,81 \text{ W/m}^2\text{K}$, considerando i ponti termici derivanti dalla presenza dei montanti metallici, fortemente disperdenti. Tale valore di trasmittanza risulta, in assoluto, ancora elevato, contribuendo alle dispersioni complessive dell'edificio e creando situazioni di discomfort termico locale estivo ed invernale.

Si sono analizzate due soluzioni per ridurre i suddetti ponti termici:

- la prima prevede di ricoprire i profilati interni del sistema strutturale delle facciate continue con delle coppelle con sezione ad U costituite dagli stessi strati di cui è costituito il pannello isolante.

Ciò consente di ottenere una trasmittanza complessiva media della parete opaca di $1,47 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dalla simulazione effettuata si desumono i seguenti risultati:

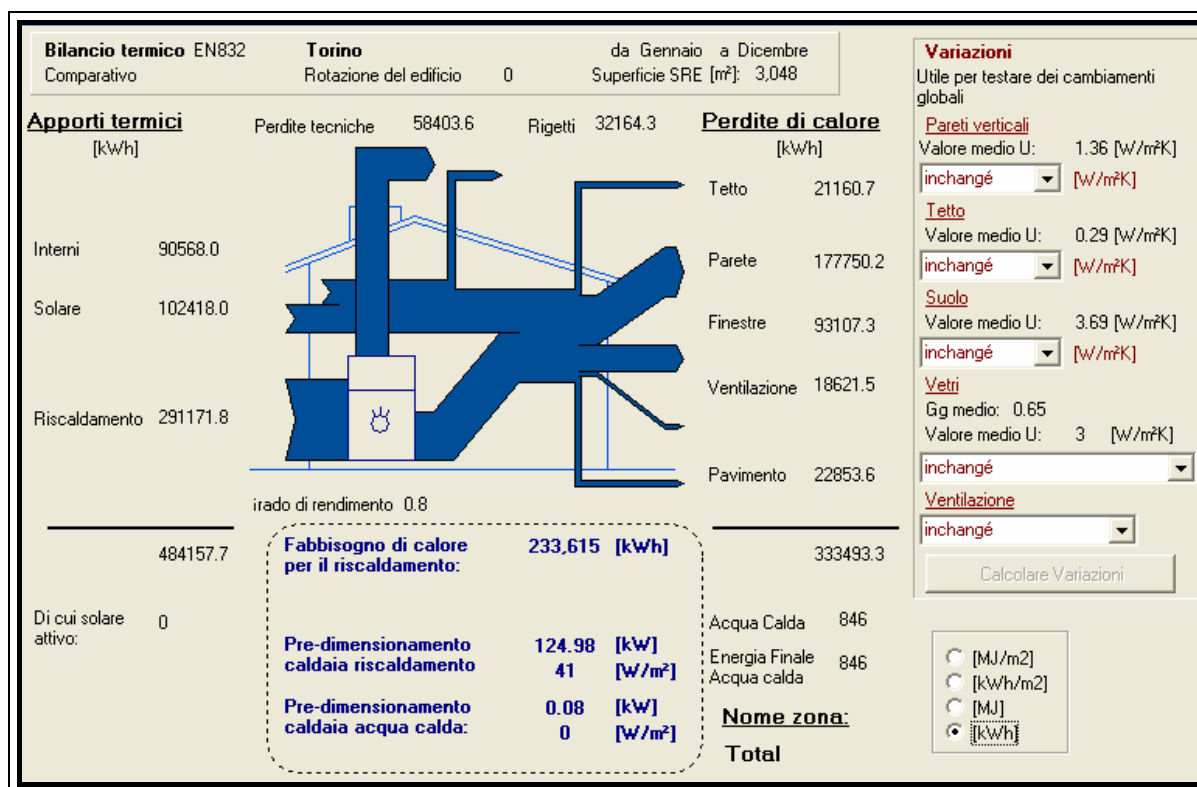


Fig. 16 - Bilancio energetico simulazione comprensivo dei precedenti interventi e con riduzione dei ponti termici

Un tale intervento consentirebbe di diminuire i consumi energetici in maniera sensibile (12,5%) e allo stesso tempo, consentirebbe di rimediare alla situazione di discomfort termico estivo e invernale derivante dall'effetto radiante proveniente dagli elementi strutturali (montanti e traversi) dell'involucro.

Considerando di realizzare tale intervento unitamente ai precedenti, si potrebbe ottenere anche una diminuzione del tempo di ritorno complessivo delle misure implementabili nel medio termine.

Il costo ed il ritorno dell'intervento complessivo degli interventi di medio termine sono riportati in tabella:

Costo nuovo tetto con isolamento intermedio [€]	58.890
Costo isolamento pareti verticali [€]	86.945
Costo isolamento montanti e traverse [€]	19.171
Costo totale interventi di isolamento involucro [€]	165.006
Risparmio combustibile [m³/a]	30.560
Risparmio bolletta [€/anno]	13.245
Payback time semplice [anni]	12.46

b) una seconda ipotesi (percorribile solo dopo attenta verifica progettuale) potrebbe essere quella di inserire, sui coprigiunti esterni del sistema strutturale delle facciate continue, un elemento a taglio termico che garantisca una coibentazione equivalente alla precedente.

Un intervento dall'esterno consentirebbe di ridurre i tempi di esecuzione, e risulterebbe vantaggioso se la verifica progettuale ed economica confermasse un impegno di spesa inferiore o almeno uguale a quello stimato per l'analogo intervento eseguito dall'interno.

Considerazioni generali relative agli interventi di medio termine

Per entrambe le soluzioni di intervento proposte per quanto riguarda la riduzione dei ponti termici, il pacchetto complessivo di interventi a medio termine risulterebbe economicamente conveniente (praticamente a "costo zero") nell'ipotesi che la vita residua dell'edificio sia almeno di 12 anni.

Inoltre, se si considera che l'installazione della nuova copertura è un intervento che prescinde dalle finalità energetiche, essendo legato a problemi di tenuta e di sicurezza, è opportuno computare nel conto economico solo il costo degli elementi che contribuiscono ad un miglioramento del livello di confort e di qualità energetica (strato coibente in canapa e in alluminio); Il costo relativo alla stratigrafia coibente si riduce allora da 58,892 a 11,437 €.

Pertanto, il tempo di ritorno degli interventi di medio termine, considerato dal punto di vista energetico, si ridurrebbe ulteriormente sino ad un valore inferiore ai 9 anni.

Costo del solo isolamento del nuovo tetto [€]	11.437
Costo isolamento pareti verticali [€]	86.945
Costo isolamento montanti e traverse [€]	19.171
Costo totale interventi di isolamento involucro [€]	117.553
Risparmio combustibile [m³/a]	30.560
Risparmio bolletta [€/anno]	13.245
Payback time semplice [anni]¹	8.87

¹ Inoltre il Payback time semplice non tiene conto della deriva dei prezzi attuali che sicuramente porteranno a una riduzione dei tempi di ritorno dell'investimento.

Si è infine valutato il possibile vantaggio, energetico ed economico, derivante dall'aumento dello spessore del pannello isolante (da 3 cm a 6 cm) da inserire nei diversi elementi dell'involucro edilizio presi in considerazione. Le valutazioni relative sono riportate di seguito:

Solo isolamento dei pannelli opachi (con 6 cm di isolante):

Costo isolamento pareti verticali [€]	96.530
Risparmio combustibile [m³/a]	28.450
Risparmio bolletta [€/anno]	11.949
Payback time semplice [anni]	8,1

Isolamento dei pannelli opachi e nuova copertura (comprensiva della nuova struttura - con 6 cm di isolante):

Costo nuovo tetto con isolamento intermedio [€]	63.406
Costo isolamento pareti verticali [€]	96.530
Costo totale interventi di isolamento involucro [€]	159.936
Risparmio combustibile [m³/a]	31.448
Risparmio bolletta [€/anno]	13.208
Payback time semplice [anni]	13,9

Isolamento dei pannelli opachi e nuova copertura (considerando solo l'isolante termico - con 6 cm di isolante):

Costo nuovo tetto con isolamento intermedio [€]	16.855
Costo isolamento pareti verticali [€]	96.530
Costo totale interventi di isolamento involucro [€]	159.936
Risparmio combustibile [m³/a]	31.448
Risparmio bolletta [€/anno]	13.208
Payback time semplice [anni]	8,6

Isolamento dei pannelli opachi, nuova copertura e riduzione dei ponti termici (con 6 cm di isolante):

Costo del solo isolamento del nuovo tetto [€]	16.855
Costo isolamento pareti verticali [€]	96.530
Costo isolamento montanti e traverse [€]	29.311 ²
Costo totale interventi di isolamento involucro [€]	142.696
Risparmio combustibile [m³/a]	36.245
Risparmio bolletta [€/anno]	15.223
Payback time semplice [anni]	9,4

Dai valori ottenuti risulta conveniente, per gli interventi relativi all'isolamento dei pannelli opachi e della nuova copertura, prevedere uno spessore di almeno 6 cm di isolante termico. Questo permetterebbe inoltre di migliorare il comfort termico locale invernale

² Valore stimato. Da verifica in fase di progettazione esecutiva dell'intervento

(temperatura radiante del pannello opaco delle pareti perimetrali) e diminuire il carico estivo derivante dalla copertura.

Analisi della problematica di discomfort visivo

L'involucro edilizio dell'edificio, nel suo complesso, presenta una parte trasparente di sensibile superficie (fig. 17), che comporta, vista anche l'esposizione dei corpi principali, una situazione di abbagliamento durante il giorno, ed un notevole carico termico estivo per gli ambienti (aule) esposti a Sud-Est e a Nord-Ovest.

Attualmente, per sopperire a tale situazione, sono presenti delle normali tende di tessuto, poste all'interno delle finestre. Tale soluzione, da valutare anche alla luce della sicurezza antincendio, non è in grado di garantire una sufficiente schermatura solare.

Il materiale costituente, normale tessuto, assorbe il calore derivante dall'irraggiamento solare, che viene poi riemesso verso gli ambienti interni con conseguente aumento della temperatura interna, specie nel periodo estivo. Tale tipo di schermatura non consente inoltre di ottenere un sufficiente grado di confort luminoso (fig. 18).



Fig. 17 – Superfici trasparenti del blocco aule



Fig. 18 – schermature solari attualmente presenti

Soluzione

Al fine di migliorare il confort luminoso degli ambienti (soprattutto delle aule), si può prevedere di sostituire le tende attualmente presenti con tende altro tipo.

Una possibile soluzione è costituita da tende di tipo tecnico, costituite da un tessuto microforato (o goffrato) dotato, verso l'esterno, di un strato riflettente, e con colore interno definibile a piacere.

Lo strato riflettente esterno permette di ridurre la quantità di calore assorbita dalla schermatura, con benefici apprezzabili per quanto riguarda il confort termico estivo.

Allo stesso tempo, il tessuto microforato, pur schermando adeguatamente i raggi solari, consentono di mantenere un buon valore di illuminamento naturale degli ambienti e la visibilità verso l'esterno dell'edificio.

Purtroppo il costo di tale tipologia di schermatura (circa 110-120 €/m² per la tipologia a rullo; circa 90-100 €/m² per quelle plissettate; costo eventualmente da verificare nel caso si volesse procedere nell'intervento), comporterebbe un onere economico ingente (considerando una superficie di circa 400-450 m² da schermare).

Una soluzione più economica potrebbe essere costituita dall'utilizzo di normali tende, di colore chiaro e di materiale ignifugo, che potrebbero comunque migliorare il confort visivo all'interno delle aule e garantire il comportamento all'incendio degli schermi.