

Giugno
2025

SPECIALE CALENDARIO 2025

Economia e fattibilità

CASE STUDY

Economia e prestazioni: la sfida di una scuola verso la classe A4

Come un progetto ha ottimizzato risorse e scelte impiantistiche per centrare gli obiettivi del bando

Federico Re Ferrè, Energy Engineer presso [Enertech Solution](#)

Un intervento di riqualificazione energetica su una scuola del Nord Italia, realizzato con un budget di 5,5 milioni di euro nell'ambito del bando *Energy for School*. Il caso mostra come, attraverso scelte tecniche mirate e una modellazione energetica dettagliata, sia stato possibile raggiungere gli obiettivi di efficienza, contenimento dei costi e rispetto dei requisiti normativi, trasformando vincoli economici in opportunità progettuali.

Introduzione: una scuola più efficiente

La decarbonizzazione e l'efficienza energetica sono due tematiche sempre più legate e discusse in questi ultimi tempi. Il progetto che verrà esposto in questo articolo vede infatti affrontati i temi di decarbonizzazione, efficienza energetica e fattibilità economica. Il progetto di fattibilità tecnico-economica (PFTE) in questione è stato steso da Enertech Solution, società di consulenza e progettazione ingegneristica nata nel 2009 come spin-off del Politecnico di Milano e specializzata nell'efficienza energetica, e da Vecchi e Associati S.r.l., studio di ingegneria civile nato negli anni 80 e specializzato nella progettazione strutturale.

Obiettivi del progetto e requisiti del bando

L'immobile in questione è una scuola del nord Italia che il cliente ha voluto efficientare utilizzando fondi PNRR accessibili tramite il bando Energy for School (E4S). I fondi E4S sono cumulabili con il conto termico ma accessibili sotto stringenti requisiti ovvero:

- Salto di almeno una classe energetica;
- Installazione di almeno un sistema BMS/Domotico;
- Copertura di almeno il 70% del fabbisogno tramite fonti rinnovabili;
- Esecuzione di un intervento che ricada almeno in una ristrutturazione di secondo livello;
- Risparmio in termini di EP_{gl} (Energia primaria globale) di almeno il 30%;
- Riduzione di almeno il 30% delle emissioni di CO₂.

Le ultime due condizioni sono da considerare una alternativa all'altra.

Il caso studio: dimensioni e criticità iniziali

La scuola presenta una superficie netta di circa 14.700 m² e un volume lordo di 65.000 m³, si articola in un piano seminterrato e tre piani fuori terra, oltre a due palestre, un auditorium e una zona ristoro ospitante la mensa. L'edificio è alimentato da tre caldaie a condensazione da 720 kW (una di back-up) e presenta ben 23 macchine tra UTA e termoventilanti.

Il budget a disposizione era di circa 5,5 milioni di euro.

Strategia sull'involucro: efficienza mirata

Nell'ottica di ridurre il fabbisogno si è deciso di agire sull'involucro valutando, inizialmente, l'ipotesi di creare un NZEB. Coibentare però l'intera superficie e attuare la sostituzione di tutti i serramenti (per un totale di oltre 1.800 m² di superficie vetrata) risultava eccessivamente dispendioso andando a erodere parte del budget che inevitabilmente si sarebbe dovuto destinare agli impianti meccanici ed elettrici per raggiungere i requisiti.

Si è deciso quindi di percorrere una strada diversa: attuare gli interventi edili solamente alla parte "scuola" (come visibile nell'immagine 1) escludendo le palestre, la mensa e l'auditorium.

Le motivazioni che hanno portato ad attenzionare il lato scuola sono da ricercarsi nel fatto che questa zona è quella dove gli studenti passano la maggior parte del tempo e quindi è stata ritenuta un'area prioritario sulla quale agire.

Nell'immagine qui riportata, estratta dalla sezione Input Grafico di Edilclima si possono osservare in rosso le superfici verso esterno oggetto di intervento e in grigio le superfici dove non si prevede di intervenire.

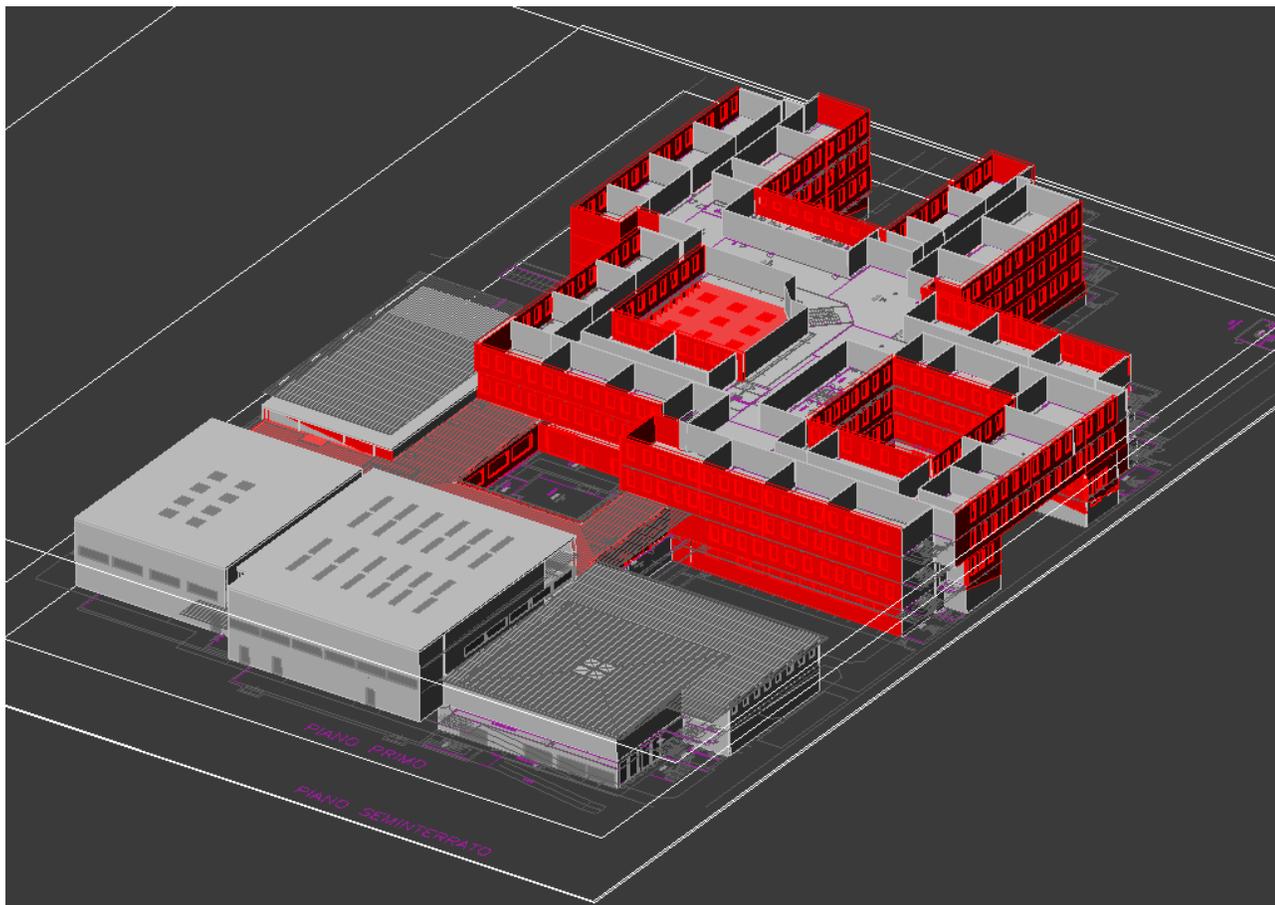


Immagine 1

Impatto delle scelte sull'inquadramento normativo

Questa scelta ha comportato due importanti risvolti:

- Risparmiare parte del budget per gli interventi impiantistici,
- Intervenire su meno del 50% della superficie verso esterno evitando quindi di ricadere in una ristrutturazione di primo livello, con tutto quello che ne consegue.

La superficie da isolare si è quindi ridotta notevolmente di quasi il 35% e allo stesso modo i serramenti da sostituire. Le opere edili sono diminuite andando a ridurre il budget quasi proporzionalmente alla riduzione delle superfici interessate.

Nuovi impianti di climatizzazione

Efficientato l'involucro si è potuto stimare una riduzione della potenza necessaria al fabbricato che si è attestata a circa 800 kW. Si è potuto quindi procedere al dimensionamento della nuova generazione sostituendo le attuali caldaie a condensazione con due pompe di calore elettriche da 368 kW termici e un rooftop da 70 kW termici a servizio di una delle due palestre.

L'efficientamento del sistema di climatizzazione è proseguito con la sostituzione di tutte le UTA e le termoventilanti con recuperatori di calore e UTA con recupero di calore prevedendo inoltre dei fancoil come terminali ambiente. La climatizzazione risulta quindi un impianto a tutt'aria in alcune zone come quelle delle palestre e dell'auditorium e un impianto misto aria-acqua nelle aule. La produzione di acqua calda sanitaria (necessaria per le docce delle palestre, le mense e in piccola parte per la sezione scuola) è stata affidata a tre pompe di calore elettriche aria-acqua da 16 kW ognuna delle quali con un accumulo da 1.000 litri.

Potenziamento del fotovoltaico

Successivamente si è dimensionato impianto fotovoltaico necessario a raggiungere la soglia di copertura dei fabbisogni da fonte rinnovabile. Allo stato di fatto l'edificio presentava due campi fotovoltaici: uno in copertura di 19,8 kW e uno in facciata di 6 kW. Per soddisfare i requisiti del bando è stato necessario prevedere la sostituzione degli attuali pannelli in copertura (già da rimuovere per la coibentazione del tetto e poiché molto datati) con pannelli più efficienti installando un totale di 442 kW raggiungendo quindi 448 kW di fotovoltaico totale installato. Questo impianto porterebbe a circa 464.000 kWh di energia elettrica prodotta annualmente.

Regolazione intelligente con BEMS

Come ultimo intervento si è progettato l'impianto di regolazione e monitoraggio dei sistemi HVAC. Il sistema BEMS permette una regolazione da remoto dell'impianto impostando orari di comfort desiderati, le zone da riscaldare o raffreddare e quali all'occorrenza spegnere. Questo intervento ha contribuito grandemente a incrementare i risparmi in quanto l'attuale regolazione era attuata in maniera molto basilica tramite un orologio nel quadro di centrale termica che accendeva e spegneva i generatori di calore. I circolatori, un tempo anche essi regolati tramite un orologio proprio, venivano invece lasciati tutti in funzione in contemporanea alla caldaia. Conseguentemente a quanto detto l'edificio veniva riscaldato interamente anche quando solamente una parte necessitava di essere climatizzata come nel caso dell'apertura serale delle palestre e dell'auditorium. L'importo destinato al sistema BEMS prevede un sistema di controllo per singolo ambiente con un'efficienza di regolazione superiore al 99%. Il sistema BEMS si è rivelato dispendioso tanto quanto altri interventi come l'impianto fotovoltaico ma si deve considerare la grandezza del sistema edificio impianto che ha comportato una stima di 1.779 punti controllati di regolazione; inoltre, l'intervento non tiene conto solo dell'installazione dei quadri di regolazione ma anche dei software, della messa in servizio, del collaudo, della documentazione e dell'istruzione in campo del personale di manutenzione. Nelle schermate riportate quindi seguito sono riportate le tipologie di regolazione impostate in Edilclima nello stato di fatto e nello stato di progetto. L'impianto è quindi passato da un rendimento di regolazione del 85,7% a un efficientissimo 99,5%.

The image shows two screenshots of a BEMS control interface. The top screenshot shows a regulation type of 'Solo climatica (compensazione con sonda esterna)' with a 100.0% efficiency. The bottom screenshot shows a regulation type of 'Per singolo ambiente + climatica' with a 99.5% efficiency. Both panels show a temperature deviation of 0.0 °C.

Intervento extra: il relamping

L'edificio in questione beneficerà inoltre di un relamping che prevede quindi la sostituzione degli attuali corpi lampadi tradizionali con luci LED molto più efficienti. Tuttavia, questo intervento non rientra nel budget non essendo incluso in questo progetto.

Riepilogo tecnico degli interventi

Possiamo quindi riassumere gli interventi come di seguito:

	Intervento	Estensione
	Cappotto e coibentazione copertura	≈ 7.000 m ² di lana di roccia da 14 cm
	Sostituzione serramenti	≈ 1.400 m ² di serramenti doppio vetro basso emissivi
	Impianto di riscaldamento e ventilazione	2 pompe di calore da 368 kWt 226 fancoil a cassetta 3 Unità Trattamento Aria 21 Recuperatori di calore 1 rooftop da 70 kWt
	Impianto di acqua calda sanitaria	3 pompe di calore da 16 kWt 3 bollitori da 1.000 lt
	Impianto fotovoltaico	442 kW con 733 pannelli
	Impianto di telecontrollo	1.779 punti controllati

Risultati raggiunti

I risultati ottenuti possono essere sintetizzati nella tabella seguente

Dato	Stato di fatto	Stato di progetto	Variazione	Requisito
Classe energetica	D	A4	6 classi	>2 classi
EPgl,ren/EPgl,tot	/	71,0%	/	>70%
EPgl,tot	343,87 kWh/m ² y	231,78 kWh/m ² y	32,6%	>30%
CO2	64,20 kCO ₂ /m ² y	14,92 kCO ₂ /m ² y	76,8%	>30%

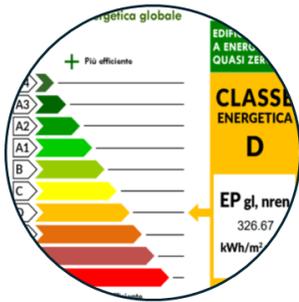
Le variazioni percentuali di EPgl,tot sono calcolate rispetto allo stato di fatto mentre la variazione di CO2 con la formula 1-(emissioni KgCO₂/m² anno POST / emissioni KgCO₂/m² anno PRE) come richiesto dal bando.

Il ruolo del software di simulazione energetica nel progetto

Sono stati raggiunti quindi tutti i requisiti del bando raggiungendo una classe energetica stimata A4 grazie a un sistema edificio-impianto molto più efficiente e dotato di una massiccia presenza di rinnovabili.

L'utilizzo di Ediclima EC700 è stato indispensabile in questo progetto per la modellizzazione dello stato di fatto e dello stato di progetto con la conseguente stima dei risultati raggiungibili in termini di riduzione di emissioni, riduzione di consumo di energia primaria, producibilità da fonte rinnovabile e classe energetica raggiungibile a valle degli interventi. Il modello Ediclima è stato inoltre fondamentale per il dimensionamento di tutte le macchine adottate (pompe di calore, rooftop e fancoil per ogni ambiente interno).

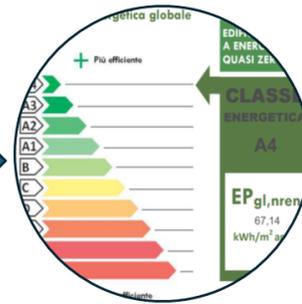
Stato di fatto



Risultati raggiungibili

- ✓ Raggiungimento classe A4
- ✓ Copertura 70% da fonte rinnovabile
- ✓ Riduzione emissioni CO2 del 30%
- ✓ Riduzione consumo energia prima 30%

Stato di progetto



5,5 milioni di interventi

Interventi previsti

- Cappotto termico (>7.000 m²)
- Sostituzione serramenti (≈1.400 m²)
- Pompe di calore (≈ 740 kWt)
- Pompe di calore per ACS (48 kWt)
- 25 nuove macchine tra UTA, rooftop e recuperatori di calore
- 226 fancoil in sostituzione dei caloriferi
- Nuovo fotovoltaico (442 kWp)
- Nuovo sistema di telecontrollo (1.779 punti controllati)