



PROGETTAZIONE IMPIANTO ELETTRICO

STUDIO MARTINI

Ing. LUCIANO MARTINI

Via Lanino, 16
21047 SARONNO (VA)
Tel: 3292239142
e-mail: progetti@studiomartini.biz

COMUNE DI POGLIANO MILANESE

PROGETTAZIONE IMPIANTO MECCANICO



Ing. MAURO AIRAGHI

Via S. Pio X, 35
21012 CASSANO MAGNAGO (VA)
Tel: 0331 280483
e-mail: info@ipsnc.it

RIQUALIFICAZIONE E AMPLIAMENTO ASILO

Largo Bernasconi

PROGETTAZIONE STRUTTURE

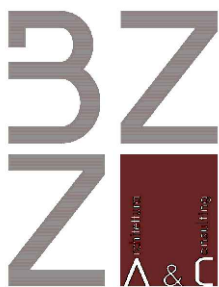
STUDIO D'INGEGNERIA
CIVILE & INDUSTRIALE

Ing. GIACOMO CAVADINI

Via Gasparo da Salò, 40
25122 BRESCIA (BS)
Tel: 030/293301
e-mail: info@studiocavadini.it

PROGETTO ESECUTIVO

CONSULENTI PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA



Arch. SABINO BIZZOCA

Via Antonio Pacinotti, 11
20155 MILANO (MI)
Tel: 349 5524733
e-mail: info@bzz-ac.com

www.bzz-ac.com

Diagnosi energetica

PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO GENERALE



Arch. ANGELA PANZA
Ing. SANDRO MARIA REGGIANI

Viale Europa, 77
20060 GESSATE (MI)
Tel: 328 2569777
e-mail: info@ee77.it

www.ee77.it

TAV. N°

AII-07b

SCALA

-

DATA

DICEMBRE 2023

ANALISI PER INTERVENTI
DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
Scuola dell'Infanzia e Asilo nido
Via Bernasconi n. 1, Pogliano Milanese (MI)

DIAGNOSI ENERGETICA

conforme alla norma tecnica UNI CEI EN 16247



EGE (Esperti in Gestione dell'Energia) certificati secondo la norma tecnica UNI CEI 11339:

Arch. Angela Panza

Ing. Sandro Cristina Reggiani

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1. Obiettivi della diagnosi energetica	3
1.2. Metodologia di svolgimento dell'analisi	3
1.3. Articolazione del rapporto di analisi energetica	6
1.4. Legislazione e norme tecniche di riferimento	7
2. PRESENTAZIONE GENERALE DEL SITO	10
2.1. Descrizione generale dei corpi di fabbrica	10
3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO	16
3.1. L'involucro	16
3.1.1 Pareti verticali	16
3.1.2 Coperture e solai	17
3.1.3 Serramenti	17
3.2. Il modello di calcolo dell'involucro	17
3.3. Gli impianti	18
3.3.1 L'impianto di climatizzazione invernale e di ACS	19
3.3.2 Gli impianti di climatizzazione estiva	20
3.3.3 L'impianto di illuminazione	21
4. ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI	21
4.1. Consumi per la fornitura di gas metano	21
4.2. Consumi per la fornitura di energia elettrica	22
4.3. Principali indicatori di prestazione energetica	23
5. SIMULAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO	25
5.1. Risultati della simulazione	25
5.2. Validazione del modello	26
6. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	29
6.1. Individuazione delle potenziali aree d'intervento	29
6.2. Scenario di intervento A: involucro opaco e trasparente	31
6.3. Scenario di intervento B: sostituzione generatori e altri interventi impiantistici	32
6.4. Scenario di intervento C: installazione pannelli fotovoltaici	33
6.5. Scenario di intervento D: Relamping illuminazione interna	36
7. TABELLA DI SINTESI E CONCLUSIONI	37
8. TIMBRO E FIRMA DEI TECNICI	38

1. PREMESSA

La trasformazione di un sistema edificio-impianto finalizzata al miglioramento delle prestazioni energetiche, attraverso l'adozione di tecnologie per l'incremento dell'efficienza energetica, non può prescindere da un'accurata analisi dello *status quo* del sistema edificio-impianto, al fine di individuare gli interventi più opportuni sull'involucro edilizio e/o sugli impianti tecnici (termici o elettrici) eventualmente anche attraverso il ricorso a fonti energetiche rinnovabili.

La **diagnosi energetica** è lo strumento per svolgere questo tipo di valutazione in quanto, in base alla definizione della norma UNI CEI/TR 11428, essa rappresenta la procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di un'attività o di un impianto industriale di servizi pubblici o privati, al fine di individuare e quantificare le opportunità di **risparmio energetico sotto il profilo costi - benefici** e riferire in merito ai risultati.

1.1. Obiettivi della diagnosi energetica

Nel caso degli edifici la diagnosi rappresenta un'analisi dello stato di fatto del fabbricato dal punto di vista energetico-prestazionale, finalizzata ad individuare, in linea con le volontà del committente, se e quali provvedimenti di risparmio energetico attuare attraverso una serie di interventi tecnici e gestionali da promuovere per incrementare l'efficienza energetica del sistema edificio-impianto, con particolare attenzione a quelli che risultano economicamente più convenienti.

I vantaggi conseguenti alla diagnosi energetica possono quindi essere:

- migliorare l'efficienza energetica del sistema;
- ridurre i consumi di energia elettrica e gas e conseguentemente i costi di approvvigionamento;
- ridurre l'emissione di anidride carbonica (CO₂) e sostanze inquinanti emesse in atmosfera;
- migliorare la sostenibilità ambientale;
- migliorare le condizioni di comfort dell'ambiente interno.

I suddetti obiettivi sono raggiungibili tramite l'utilizzo dei seguenti strumenti:

- razionalizzazione dei flussi energetici;
- recupero delle energie disperse (ad esempio recupero di calore);
- individuazione di tecnologie per il risparmio di energia;
- autoproduzione di parte dell'energia consumata;
- introduzione di fonti di energia rinnovabile prodotta in situ;
- miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione;
- ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica.

Lo scopo della diagnosi energetica è pertanto quello di valutare lo status energetico dell'immobile e dei processi coinvolti dalle attività in esso svolte, al fine di ricercare le possibili soluzioni per ottimizzare le prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto. Il risparmio energetico si traduce in una riduzione dei costi associati all'approvvigionamento dei vettori energetici non rinnovabili e contemporaneamente nell'abbattimento delle emissioni di gas climalteranti.

1.2. Metodologia di svolgimento dell'analisi

La metodologia alla base della diagnosi energetica segue quanto previsto dalla norma tecnica UNI EN CEI 16247 parte 2, incentrata sulle diagnosi energetiche in edilizia. In base a tale norma la diagnosi energetica deve possedere cinque requisiti fondamentali:

COMPLETEZZA

Per completezza si intende la capacità di descrivere il sistema energetico includendo tutti gli aspetti significativi di uno, di parte o di tutti i seguenti elementi:

- involucro dell'edificio;
- impianto di riscaldamento;

- impianto di ventilazione e trattamento aria;
- impianto di raffrescamento estivo;
- impianto elettrico;
- impianti a fonti rinnovabili;
- sistemi di automazione e controllo del sistema edificio-impianto (BACS);
- componenti di movimentazione all'interno degli edifici, quali ascensori, scale
- mobili, nastri trasportatori;
- comfort termico, qualità dell'aria, acustica e illuminazione.

ATTENDIBILITÀ

L'attendibilità si esplicita attraverso l'acquisizione di dati soddisfacenti dal punto di vista quantitativo e qualitativo, ossia di dati reali in numero e qualità necessari per lo sviluppo dell'inventario energetico. Tale requisito è perseguibile attraverso l'analisi della documentazione tecnica reperita, la predisposizione di sopralluoghi e rilievi strumentali dell'edificio per la definizione delle caratteristiche essenziali del sistema e del consumo energetico, il quale sarà soggetto a verifica di coerenza con i dati di fatturazione e/o con quanto rilevato dalla strumentazione di misura.

TRACCIABILITÀ

La tracciabilità consiste nell'agevole individuazione delle fonti di dati, delle modalità di elaborazione dei risultati e delle ipotesi di lavoro assunte. Ciò si traduce nell'utilizzo di una procedura standardizzata di diagnosi energetica, nell'identificazione dei consumi energetici del sistema edificio-impianto, nella documentazione dell'origine dei dati e dell'eventuale modalità di elaborazione a supporto dei risultati della diagnosi includendo le ipotesi di lavoro eventualmente assunte.

UTILITÀ

L'utilità è intesa nell'accezione di identificazione e valutazione degli interventi di efficienza energetica sotto il profilo costi/benefici. Per ogni scenario di intervento saranno formulati la descrizione, l'analisi dei benefici energetici, economici ed ambientali, le cautele e interazioni con altri interventi, i fattori di costo, i riferimenti tecnici normativi e legislativi, le misure e verifiche da effettuare a valle dell'applicazione.

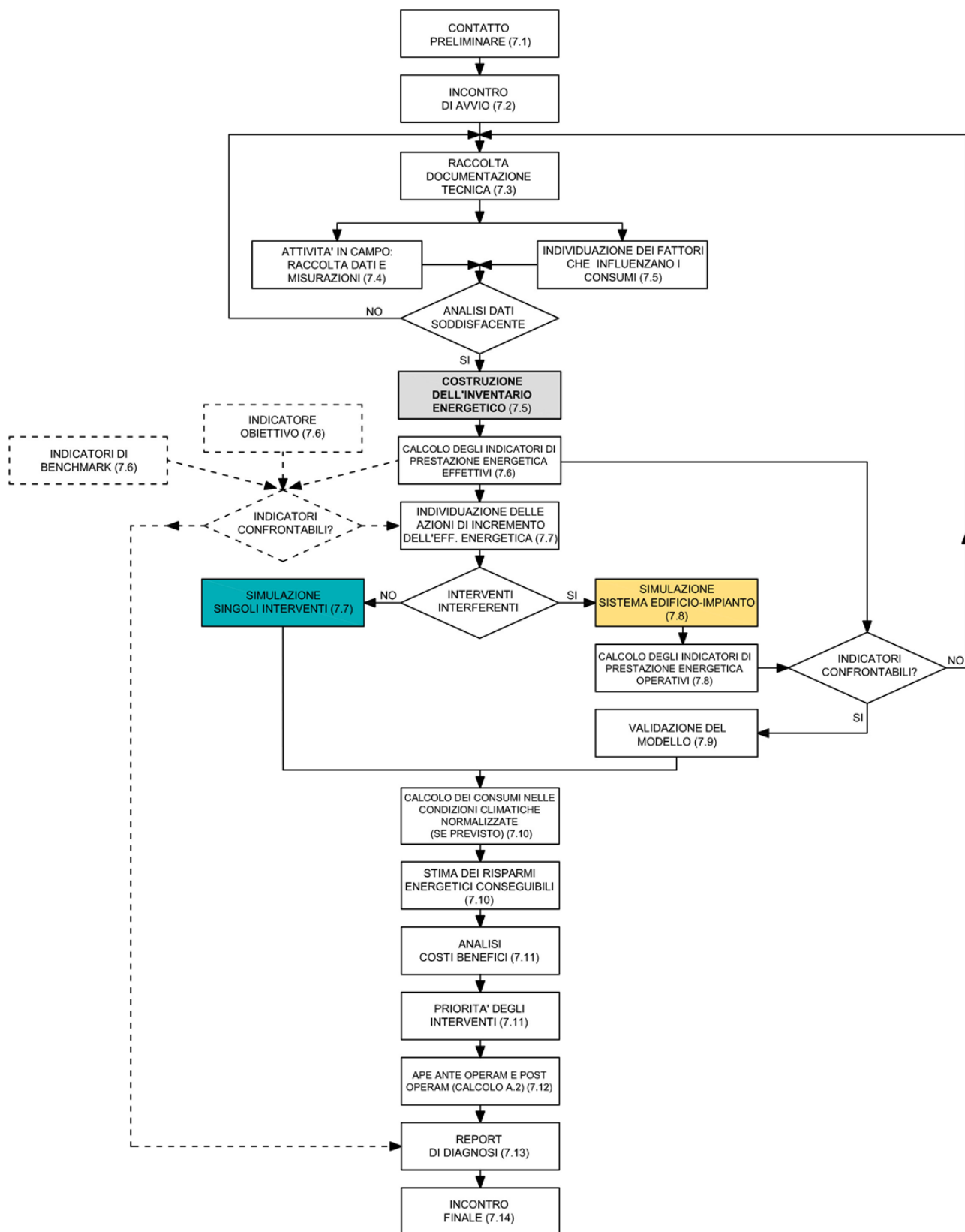
VERIFICABILITÀ

La verificabilità si esplicita nell'identificazione degli elementi e delle procedure che consentono al committente la verifica del conseguimento dei miglioramenti di efficienza risultanti dall'applicazione degli interventi proposti.

In ottemperanza a quanto indicato dalla norma UNI CEI EN 16247, per la redazione della diagnosi energetica sono state svolte le seguenti fasi:

- contatto e svolgimento dell'incontro preliminare con il committente;
- raccolta dei dati in ingresso attraverso l'analisi della documentazione disponibile (ad esempio planimetrie catastali, pratica edilizia, libretto di centrale, fatture di fornitura dei vettori energetici);
- sopralluoghi tecnici sul campo al fine di raccogliere informazioni più dettagliate attraverso misurazioni strumentali e documentazione fotografica;
- calcolo del fabbisogno energetico dello stato di fatto attraverso software specifico secondo la metodologia di calcolo prevista dalla legislazione nazionale e calcolo del fabbisogno energetico reale attraverso l'analisi delle fatture di fornitura dei vettori energetici;
- valutazione di possibili interventi di miglioramento sia dal punto di vista tecnico che gestionale e definizione degli scenari migliorativi;
- calcolo del fabbisogno energetico secondo gli scenari ipotizzati e quantificazione del risparmio ottenibile;
- valutazione tecnico-economica degli scenari e relativo tempo di ritorno degli investimenti;
- redazione del rapporto di diagnosi energetica e presentazione dello stesso al committente.

Lo schema seguente rappresenta la prassi operativa svolta dagli auditor per l'esecuzione della procedura di diagnosi energetica per l'edificio oggetto della presente relazione.



Metodologia di audit secondo la norma UNI CEI EN 16247

Per lo svolgimento della presente diagnosi energetica in particolare sono intervenute le seguenti figure e sono state svolte le attività di seguito elencate:

SOGGETTI COINVOLTI NELLA DIAGNOSI

EGE	Arch. Angela Panza, Ing. Sandro Cristina Reggiani
Committente	Comune di Pogliano Milanese

PRINCIPALI ATTIVITA'

Incontro di avvio	Dicembre 2022: assegnazione dell'incarico
Raccolta documentazione tecnica	Mesi di febbraio, marzo e aprile 2023: raccolta bollette per i consumi di metano ed energia elettrica
Attività in campo: raccolta dati e misurazioni	Gennaio e Febbraio 2023: sopralluoghi per raccolta dei dati puntuali per ogni ambiente relativi all'involucro opaco e trasparente dell'edificio (geometrie, tipologia costruttiva, serramenti, ecc...) ed agli impianti tecnici presenti.
Operazioni di analisi dati, calcolo degli indicatori di prestazione energetica e validazione del modello	Mesi di marzo, aprile, maggio 2023. L'analisi è stata eseguita con metodo di simulazione semi-stazionario tramite apposito software di modellazione, secondo la norma UNI TS 11300
Progetto preliminare degli interventi ed analisi costi-benefici	Settembre 2023
Elaborazione report della diagnosi	Settembre 2023

Il calcolo del fabbisogno energetico è stato svolto con metodo di simulazione dinamica in riferimento alla normativa energetica nazionale (Legge 90 del 2013, UNI TS 11300 e UNI EN ISO 52016) e confrontato con i consumi reali dell'edificio ricavati dalle fatture disponibili per la fornitura del vettore energetico gas metano. La calibrazione del modello di calcolo sui dati reali è stata eseguita a partire dai consumi di tre annualità complete: 2020, 2021 e 2022.

Per la validazione *tailored* del modello di calcolo sono stati seguiti i passaggi di calibrazione mediante opportuno confronto dei principali indicatori di benchmark tra risultati ottenuti dalla simulazione e consumi rilevati dalla bollettazione (come riportato nello schema della figura precedente).

Per l'analisi dei fabbisogni del sistema involucro-impianto, per l'analisi diagnostica e la calibrazione del modello è stato utilizzato il software di calcolo Termolog EpiX 14, prodotto da Logical Soft s.r.l. e certificato dal CTI.

1.3. Articolazione del rapporto di analisi energetica

Il presente documento di report, che esplicita i dati in ingresso ed i risultati ottenuti dall'analisi energetica, è stato elaborato in linea con i contenuti delle **linee guida per la diagnosi energetica degli edifici pubblici, redatte da ENEA** in collaborazione con il Comitato Termotecnico Italiano CTI. In particolare esso contiene i seguenti temi principali suddivisi in diversi capitoli:

- Presentazione dell'edificio: inquadramento generale, geolocalizzazione, documentazione fotografica generale del fabbricato, elaborati grafici, principali parametri climatici del sito, ecc.;
- Descrizione del sistema edificio-impianto: report delle caratteristiche rilevate durante il sopralluogo per le strutture opache di chiusura, i serramenti ed eventuali ponti termici significativi, per gli impianti termici e di illuminazione, indicando gli schemi di massima dell'impianto ed i principali parametri tecnici;
- Analisi dei consumi energetici: descrizione dei dati di consumo ottenuto dalla bollettazione relativa ai vettori energetici considerati nell'analisi ai fini dell'efficientamento dell'edificio;
- Simulazione sistema edificio-impianto: esposizione delle principali ipotesi di modello e di analisi energetica svolta per l'edificio, dei risultati ottenuti per gli indicatori energetici scelti e delle modalità di calibrazione del modello di calcolo rispetto ai consumi effettivi;
- Interventi di riqualificazione energetica e modalità di finanziamento degli interventi: descrizione delle modalità realizzative di massima degli interventi di efficientamento scelti, dei risultati ottenuti in termini di analisi costi-

benefici, nonché dei valori ricavati dall'analisi economica per la scelta degli interventi più efficaci tra quelli proposti, tenendo eventualmente conto dell'accesso a meccanismi di incentivazione fiscale;

- Conclusioni: esposizione dei risultati principali per l'edificio in oggetto e delle modalità di scelta degli interventi di riqualificazione per il miglioramento della prestazione energetica;

1.4. Legislazione e norme tecniche di riferimento

Per lo svolgimento dell'analisi di diagnosi si è fatto riferimento alla legislazione europea, italiana e regionale vigente. Nello specifico:

LEGISLAZIONE EUROPEA

Dir. Eu. 2012/27/UE - *Direttiva Europea sull'efficienza energetica;*

Dir. Eu. 2010/31/UE - *Direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia;*

Dir. Eu. 2018/2001 - *Direttiva sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili;*

LEGISLAZIONE NAZIONALE

Legge 10 del 09/01/1991 e s.m.i. - *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;*

DPR 412/93 integrato con il DPR 551/99 del 14/10/1993 - *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 Gennaio 1991, N. 10;*

D.Lgs 192 del 19/08/2005 - *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;*

D.Lgs 311 del 29/12/2006 - *Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/08/05 n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;*

D.Lgs 115/08 - *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici;*

DPR 59 del 02/04/2009 - *Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia;*

D.Lgs 28 del 03/03/2011 - *Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;*

DPR 75 del 16/04/2013 - *Regolamento recante disciplina dei criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici;*

Legge 90 del 03/08/2013 - *Disposizioni urgenti per il recepimento della direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 giugno 2010, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63. Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale;*

D.Lgs 102/14 - *Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica;*

DM del 26/06/2015 - *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici. - Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici. - Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.*

D.Lgs 141/16 - *Disposizioni integrative al decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, di attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE;*

D.Lgs 199 del 08/11/2021 - Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili;

LEGISLAZIONE REGIONALE

DDUO N. 18546 del 18/12/2019 - testo unico sull'efficienza energetica degli edifici - Aggiornamento delle disposizioni per l'efficienza energetica degli edifici approvate con decreto n. 2456 del 8 marzo 2017

A supporto del quadro legislativo di cui all'elenco precedente si è fatto riferimento alle seguenti norme tecniche:

UNI CEI 11339 - Gestione dell'energia. Esperti in gestione dell'energia. Requisiti generali per la qualificazione;

UNI CEI TR 11428:2011 - Gestione dell'energia. Diagnosi energetiche: Requisiti generali del servizio;

UNI CEI EN 16247:2022 - Diagnosi Energetiche: Edifici;

UNI/TS 11300-1 - Prestazione energetica degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;

UNI/TS 11300-2 - Prestazione energetica degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;

UNI/TS 11300-3 - Prestazione energetica degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;

UNI/TS 11300-4 - Prestazione energetica degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione di acqua calda sanitaria;

UNI/TS 11300-5 - Prestazioni energetiche degli edifici - Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili;

UNI/TS 11300-6 - Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili;

UNI EN ISO 52016 parte 1 - Prestazioni energetiche degli edifici, fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, carichi termici sensibili e latenti – Procedura di calcolo;

UNI EN ISO 52016 parte 2 - Prestazioni energetiche degli edifici, fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, carichi termici sensibili e latenti – Spiegazione e giustificazione della UNI EN ISO 52016 parte 1 e della 52017 parte 1;

UNI EN ISO 52017 - Prestazione energetica degli edifici – Carichi termici sensibili e latenti e temperature interne - Procedure generali di calcolo;

UNI EN ISO 6946 - Componenti ed elementi per l'edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo;

UNI EN 1745 - Muratura e prodotti per muratura – Metodi per valutare la resistenza termica di progetto;

UNI EN ISO 10077-1 - Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato;

UNI EN 13363-1 - Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate – Calcolo della trasmittanza solare luminosa – Metodo semplificato;

UNI 10349 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici;

UNI 10351 - Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore;

UNI 10355 - Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo;

UNI EN ISO 14683 - Ponti termici in edilizia – Coefficienti di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento;

UNI EN ISO 13370 - Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo;

UNI EN 13789 - Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo;

UNI EN 15193 - *Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione;*

UNI EN 15459:2008 - *Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici;*

2. PRESENTAZIONE GENERALE DEL SITO



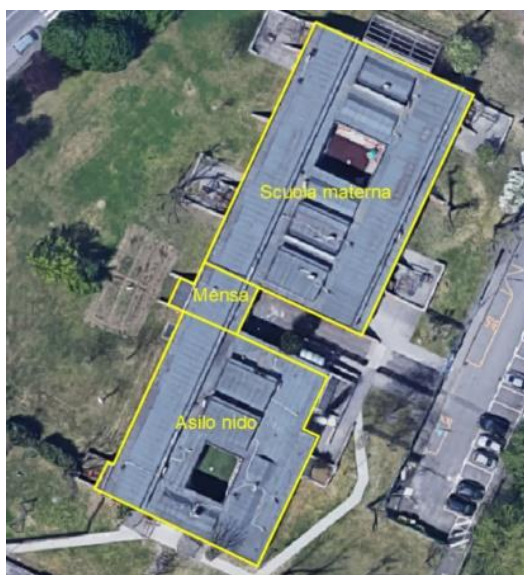
Vista aerea del contesto di ubicazione dell'edificio (fonte: Google Maps)

Il fabbricato oggetto della diagnosi energetica è la sede di Pogliano Milanese dell'Istituto Comprensivo Statale di infanzia Padre G. Bernasconi (scuola materna) e dell'asilo nido comunale. Si tratta dunque di un edificio con duplice funzione sito in Largo Padre G. Bernasconi, 1, nel comune di Pogliano Milanese (MI).

2.1. Descrizione generale dei corpi di fabbrica

L'edificio è composto come segue:

- La zona adibita a scuola materna è corrispondente all'ala posta più a nord dell'edificio ed è composta da un piano terra e una corte interna centrale.
- La zona adibita ad asilo nido è situata nell'ala più sud del fabbricato e anch'essa si sviluppa interamente sul piano terra ed è dotata di una corte interna centrale.
- La zona mensa collega le due estremità dell'edificio; essa si distribuisce principalmente al piano terreno ma presenta anche uno sgabuzzino seminterrato.



Rappresentazione dei corpi di fabbrica (fonte: Google Maps)

La tabella seguente riporta i dati principali dell'immobile:

Denominazione	ICS Paolo Neglia Plesso padre G. Bernasconi e Asilo nido comunale – Sede di Pogliano Milanese
Tipologia	Istituto comprensivo statale
Ubicazione	Largo Padre G. Bernasconi n° 1 – Pogliano Milanese (MI)
Coordinate geografiche	GIS: 45,540403-8,998032
Classificazione (D.P.R. 412/93)	E.7 – Edifici adibiti alle attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Anno di costruzione	1970
Superficie netta con climatizzazione invernale	1.485 m ²
Superficie netta con climatizzazione estiva	1.396 m ²
Volume lordo con climatizzazione invernale	6.980 m ³
Volume lordo con climatizzazione estiva	6.556 m ³
Superficie disperdente	4.395,83 m ²
Fattore di forma S/V (superficie/volume)	0,73

La tabella seguente riporta i dati principali della località:

Città	Pogliano Milanese
Altitudine	127 m s.l.m.
Zona climatica e gradi giorno	E – 2545

Le foto aeree seguenti mostrano la pianta e la vista tridimensionale del fabbricato.



Vista aerea in pianta dell'intero edificio (fonte: Google Maps)



Vista aerea tridimensionale lato nido (fonte: Google Maps)



Vista aerea tridimensionale lato materna (fonte: Google Maps)



Vista aerea tridimensionale lato materna (fonte: Google Maps)

Di seguito alcune foto del fabbricato dall'esterno.



Ingresso del fabbricato

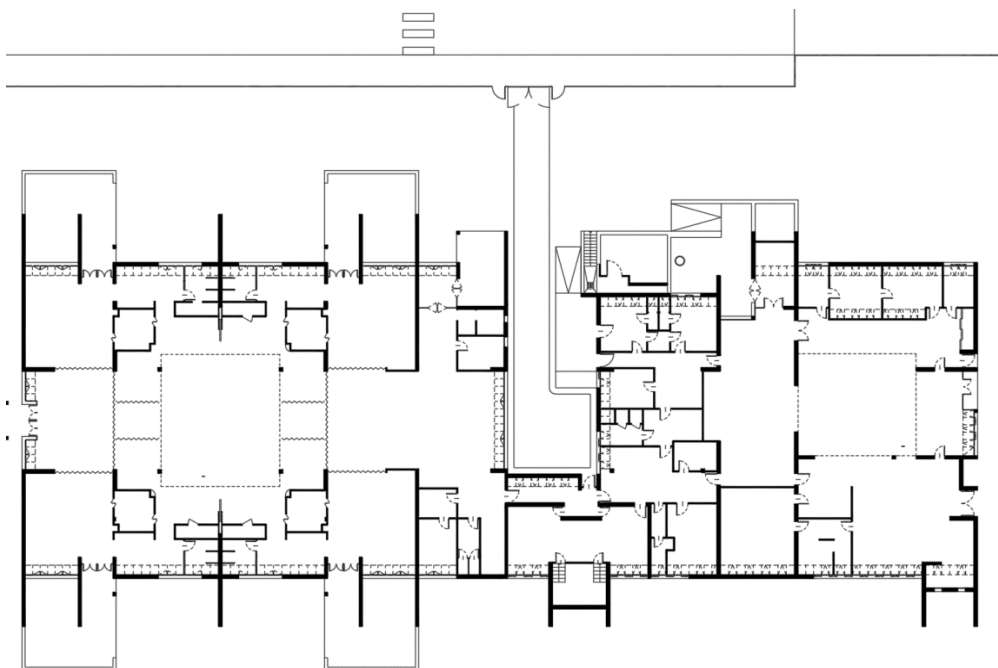


Ala scuola materna

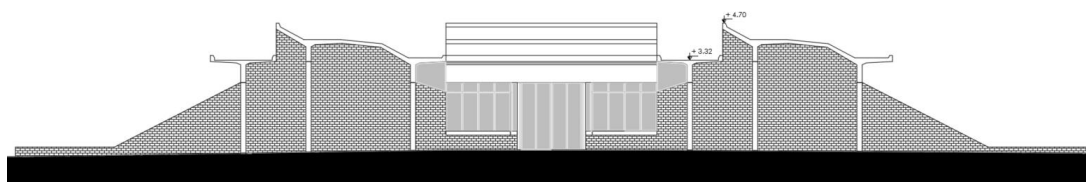


Ala asilo nido

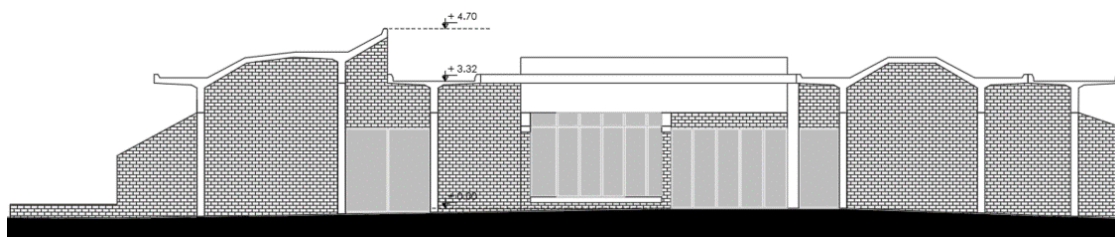
Si riportano le piante e prospetti dell'edificio:



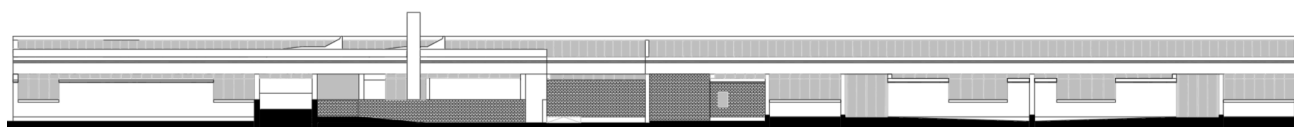
Pianta piano terreno dell'intero edificio



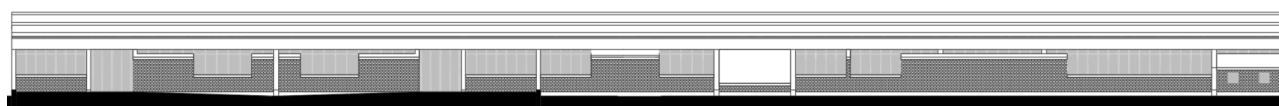
Prospetto nord



Prospetto sud



Prospetto est



Prospetto ovest

3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

L'identificazione del sistema edificio-impianto consente di valutare il comportamento energetico dell'involucro edilizio (opaco e trasparente) in relazione al contesto climatico in cui è inserito e con il quale interagisce, tenendo conto di particolari fattori che influenzano i consumi specifici quali le condizioni di esercizio, l'affollamento degli ambienti, i profili di utilizzo dell'edificio e degli impianti, ecc.... Il presente paragrafo descrive pertanto le caratteristiche stimate e rilevate per il sistema edificio-impianto.

Durante il sopralluogo dell'edificio sono state rilevate le caratteristiche dei seguenti elementi:

- **INVOLUCRO:** è stata verificata in linea di massima la congruenza geometrica tra le planimetrie fornite dal committente e lo stato di fatto del fabbricato. Sono state quindi rilevate la dimensione e la tipologia di tutti i serramenti, gli spessori e la tipologia delle strutture opache orizzontali e verticali disperdenti verso l'esterno o le zone non climatizzate, non presentandosi la possibilità di eseguire prove invasive sull'involucro quali ad esempio i carotaggi.
- **IMPIANTO:** è stato effettuato l'accesso alle centrali termiche, grazie al quale sono state individuate le caratteristiche dei sistemi di generazione per climatizzazione invernale, estiva e produzione di ACS (acqua calda sanitaria) e dei relativi sistemi di distribuzione primaria ed alle utenze. È stata inoltre presa visione dei libretti di centrale e della documentazione compilata dal manutentore (ad esempio esiti delle prove fumi).

3.1. L'involucro

Attraverso la documentazione resa disponibile dal committente, integrata dai dati reperiti direttamente dal personale tecnico nel corso dei sopralluoghi in sito, è stato definito, con la maggiore accuratezza possibile in relazione all'accessibilità dei luoghi e dei singoli componenti, lo stato di fatto delle strutture opache e trasparenti disperdenti, con la valutazione della trasmittanza termica degli elementi.

Non essendo stato possibile eseguire sul fabbricato valutazioni di tipo invasivo, gli auditor hanno stimato le caratteristiche dell'involucro disperdente a partire dagli spessori degli elementi rilevati in fase di sopralluogo, in base alla propria esperienza, alle tipologie costruttive prevalentemente utilizzate nell'epoca di costruzione del fabbricato e con riferimento alle tabelle fornite dal normatore (in particolare alla UNI TR 11552 del 2014).

3.1.1 Pareti verticali

Gli spessori rilevati in fase di sopralluogo per le strutture verticali di chiusura verso l'ambiente esterno si riferiscono a diverse tipologie di elemento: parete in calcestruzzo armato da 30 cm e 20 cm, parete a cassa vuota da 30 cm e 25 cm ed infine parete in mattoni da 30 cm. Poiché la struttura principale è in cemento armato la tipologia prevalente di stratigrafia per gli elementi verticali è stata ipotizzata in calcestruzzo armato. Per le strutture elencate si è supposta l'assenza di isolante. Le principali caratteristiche termofisiche degli elementi verticali dell'involucro sono riportate nella tabella seguente:

COMPONENTI OPACHI VERTICALI		
NOME	TRASMITTANZA [W/(m ² K)]	SPESSORE [cm]
PE01 – 30 cm (calcestruzzo)	2,010	30
PE01 – 30 cm (cassavuota)	1,226	30
PE01 – 30 cm (mattoni)	1,856	30
PE02 – 25 cm (cassavuota)	1,299	25
PE03 – 20 cm (calcestruzzo)	2,612	20

3.1.2 Coperture e solai

Il rilievo delle strutture orizzontali durante il sopralluogo ha evidenziato per la copertura una tipologia di struttura utilizzata prevalente a in calcestruzzo.

Per quanto riguarda il pavimento, disperdente verso un vespaio areato (e accessibile dall'esterno) si ipotizza una struttura in laterocemento.

Le principali caratteristiche termofisiche degli elementi verticali dell'involucro sono riportate nella tabella seguente:

COMPONENTI OPACHI ORIZZONTALI		
NOME	TRASMITTANZA [W/(m ² K)]	SPESSORE [cm]
PAV - 34 cm	1,610	34
COP01 - 20 cm	2,778	20

3.1.3 Serramenti

In fase di rilievo è stato definito, con la maggiore accuratezza possibile, lo stato di fatto delle strutture trasparenti disperdenti valutando la trasmittanza termica degli elementi data dai contributi di vetro, telaio e ponte termico tra vetro e telaio. E' presente un'ala dell'edificio con serramenti obsoleti (telaio in alluminio vetro singolo) e una parte con serramenti sostituiti nel 2010 (vetrocamera). Considerato il numero elevato di serramenti di differente dimensione, considerato che in tutte le tavole architettoniche di progetto tali valori vengono già riportati, si è ritenuto non opportuno fornirne l'elenco in questo documento ma solo una sintesi generale.

Posizionamento	Tipologia vetro	Tipologia Telaio	TRASMITTANZA [W/(m ² K)]
Scuola Materna	Vetrocamera	alluminio	1,800
Asilo Nido	Vetro singolo	alluminio	5,900

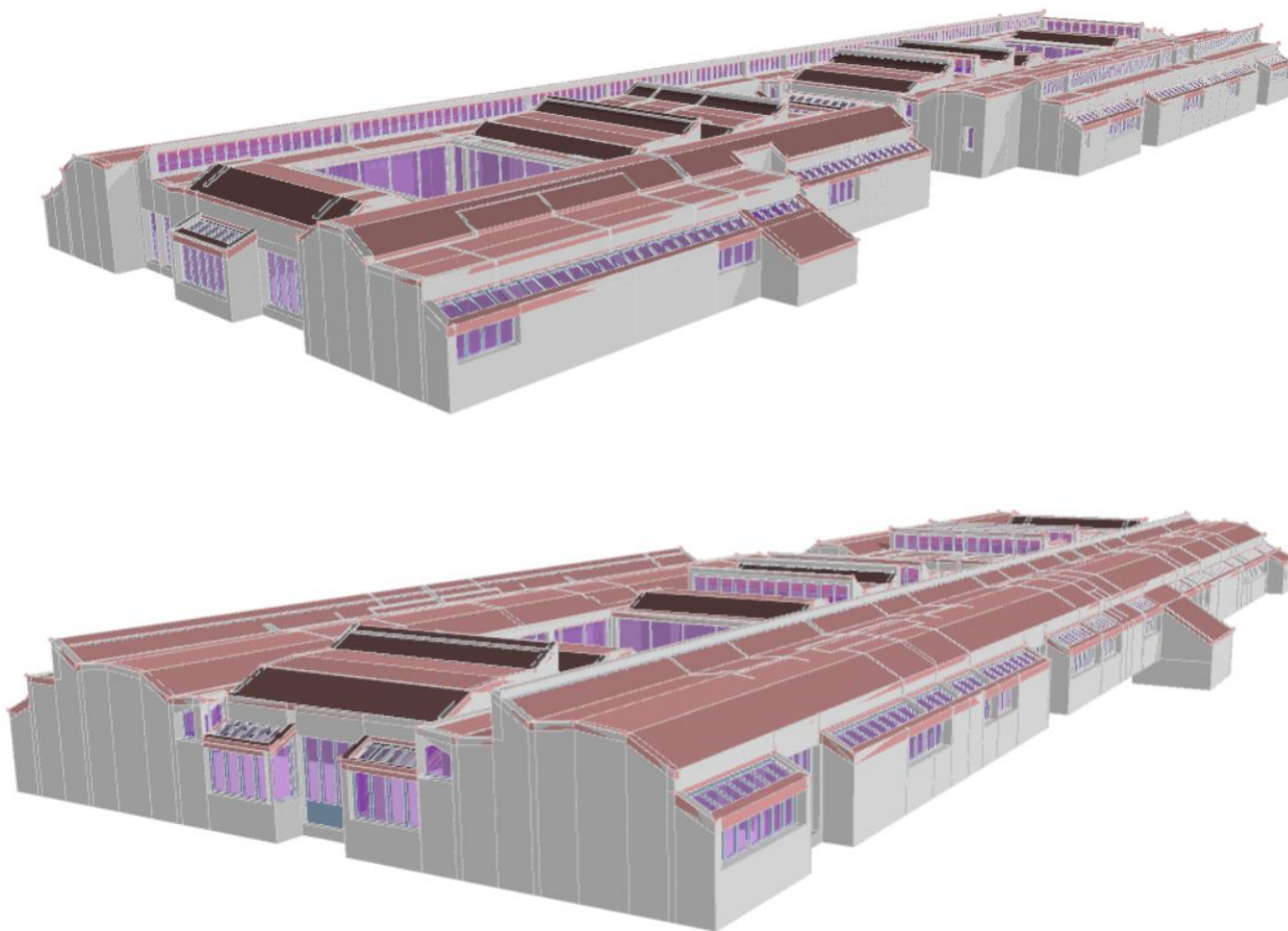
3.2. Il modello di calcolo dell'involucro

In seguito a sopralluogo è stato modellato l'edificio nel software di analisi energetica, individuando la geometria del volume riscaldato del fabbricato racchiusa dai suoi elementi disperdenti opachi e trasparenti.

Tra le ipotesi di sviluppo del modello di calcolo finalizzato alla diagnosi energetica sono state individuate le seguenti:

- È stato opportunamente considerato il contributo energetico dovuto alla presenza dei ponti termici geometrici (angoli sporgenti e rientranti) e materici dovuti alla discontinuità dei materiali (quali ad esempio innesti soletta-parete, copertura-parete e serramento-parete);
- La suddivisione in zone termiche ha tenuto conto delle diverse configurazioni di asservimento dei locali a servizi (climatizzazione invernale ed estiva) ed impianti termici. Ogni zona è stata quindi ulteriormente suddivisa in ambienti, ai fini della eventuale valutazione delle caratteristiche di ventilazione controllata meccanicamente, dei dispositivi di emissione e dell'illuminazione.

Di seguito si riportano due viste del modello di analisi:



3.3. Gli impianti

Nel presente paragrafo è fornita una descrizione dettagliata degli impianti meccanici e tecnologici presenti nell'edificio e destinati all'erogazione dei seguenti servizi:

- Climatizzazione invernale, erogata da un impianto collegati ad una centrale termica;
- Climatizzazione estiva, erogata da impianti singoli per ambienti;
- Produzione di acqua calda sanitaria, erogata da impianto singolo;
- Illuminazione;

Il modello di calcolo utilizzato nell'analisi oggetto della presente diagnosi, finalizzata ad una valutazione preliminare relativa alla scelta di eventuali interventi di efficientamento energetico, è stato elaborato considerando il fabbisogno ed i relativi consumi associati esclusivamente al servizio di climatizzazione invernale. In particolare, la calibrazione del modello rispetto ai consumi è stata eseguita con esclusivo riferimento all'erogazione di energia fornita dalla caldaia alimentata a metano.

Il servizio di raffrescamento è presente in maniera omogenea dislocato in punti strategici affinché l'impianto possa garantire la sua efficacia nell'intero edificio tramite l'ausilio di numerosi split.

La fornitura di acqua calda sanitaria, già di per sé corrispondente ad una quota di energia limitata nel caso delle scuole, è garantita dalla produzione combinata con il sistema di riscaldamento (stesso generatore).

3.3.1 L'impianto di climatizzazione invernale e di ACS

È presente una centrale termica per la climatizzazione invernale combinata con ACS. L'impianto è descritto di seguito più nello specifico.

Il riscaldamento per l'intero edificio è fornito da due caldaie disposte in apposita centrale termica interrata in corrispondenza dell'ala destinata ad asilo nido. Al suo interno sono presenti per la produzione di calore per il periodo freddo due caldaie ARCA MK170, di potenza complessiva pari a 170+170 kW, alimentate a gas metano. A valle del sistema impiantistico idronico sono posizionati radiatori in alluminio dotati di valvole termostatiche. Il sistema di controllo/regolazione è affidato ad un termostato di zona.

E' presente un accumulo.

Si riportano di seguito i dati principali degli impianti utilizzati nel modello di calcolo.

IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	
SISTEMA	DESCRIZIONE
EMISSIONE	Radiatori in alluminio su parete esterna non isolata per le aule e per gli altri ambienti dell'edificio scolastico in genere.
REGOLAZIONE	Tramite termostato con regolazione di zona. Tutti i radiatori sono dotati di valvole termostatiche.
DISTRIBUZIONE	Si considerano montanti e tubazioni non isolati correnti in traccia sul lato interno delle pareti esterne dell'edificio.
PRODUZIONE	Due generatori gemellari ARCA MK170 tradizionali modulanti da 170 kW cadauno di potenza nominale.



Sistema di produzione 1: foto centrale termica con 2 generatori ARCA MK170 in centrale termica in piano seminterrato e targhetta tecnica





Sistemi di emissione: radiatori in zona ingresso e zona attività ricreative scuola materna

3.3.2 Gli impianto di climatizzazione estiva

Il servizio di climatizzazione estiva è presente in diversi locali.

CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	
SISTEMA	DESCRIZIONE
EMISSIONE	Split disposti in diversi locali dell'edificio
REGOLAZIONE	Locale tramite rilevamento diretto della temperatura ambiente dal sensore dell'unità interna.
DISTRIBUZIONE	Assente, trattandosi di dispositivi ed espansione diretta
PRODUZIONE	Split dotati di unità esterna ed interna. I dispositivi sono di marca e modello vari e di anni di installazione diversi



Sistemi di emissione: dettaglio di alcune tipologie di split zona dormitorio asilo nido e zona attività ricreative scuola materna

3.3.3 L'impianto di illuminazione

Per lo svolgimento della presente diagnosi in fase di sopralluogo sono stati rilevati i dispositivi di illuminazione, al fine di studiare eventuali interventi di efficientamento volti a ridurre gli assorbimenti elettrici. In tutto l'edificio scolastico sono stati stimati circa 30 kW di potenza elettrica destinati al servizio di illuminazione.

La quasi totalità degli ambienti è servita per l'illuminazione artificiale da dispositivi al neon.

4. ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI

La presente diagnosi energetica è volta alla valutazione dei migliori interventi in termini di rapporto costi/benefici tra quelli ipotizzati per l'edificio, tra cui: isolamento termico delle strutture opache disperdenti, sostituzione dei serramenti sull'involucro, ristrutturazione di impianto termico (sostituzione dei generatori, rifacimento della distribuzione e installazione nuovi terminali di emissione del calore), relamping mediante installazione di dispositivi di illuminazione a led, installazione di pannelli fotovoltaici. I vettori energetici interessati sono sia la fornitura di metano che l'energia elettrica.

La bollettazione resa disponibile si riferisce ai consumi di gas metano fornito dalla rete cittadina (asservito al servizio di climatizzazione invernale e di acqua calda sanitaria) ed agli assorbimenti di energia elettrica (asservita soprattutto ai servizi di climatizzazione estiva e illuminazione). Le valutazioni relative ai consumi per l'approvvigionamento energetico da fonte elettrica sono piuttosto complesse in quanto non è sempre possibile scindere gli assorbimenti per servizio. Tuttavia, essendo del tutto trascurabili le perdite interne all'edificio tra punto di ingresso e punti di emissione, è possibile eseguire valutazioni sui fabbisogni elettrici direttamente a partire dalle potenze installate, senza passare da un modello di analisi. Il modello di simulazione dovrà invece essere elaborato ed opportunamente calibrato basandosi sui valori di energia richiesta dalla climatizzazione invernale, legata ai consumi di gas. Il confronto tra risultati dell'analisi energetica ed i consumi rilevati dalle bollette avverrà pertanto relativamente al solo approvvigionamento del gas metano.

La modifica delle ipotesi di partenza e la calibrazione del modello di calcolo, richieste per transitare da una valutazione in *asset rating* (fabbisogni standard dell'edificio) ad una valutazione in *tailored rating* (consumi reali per vettore energetico attribuito all'edificio), sono state effettuate per il servizio di climatizzazione invernale sulla base dei kilowattora termici associati ai consumi di metano rilevati dal gestore nell'ultimo triennio di esercizio (2020 – 2022) (si ricorda che la norma UNI CEI EN 16247 richiede almeno tre annualità di consumo per stabilire il modello base utilizzato nelle analisi energetiche di auditing).

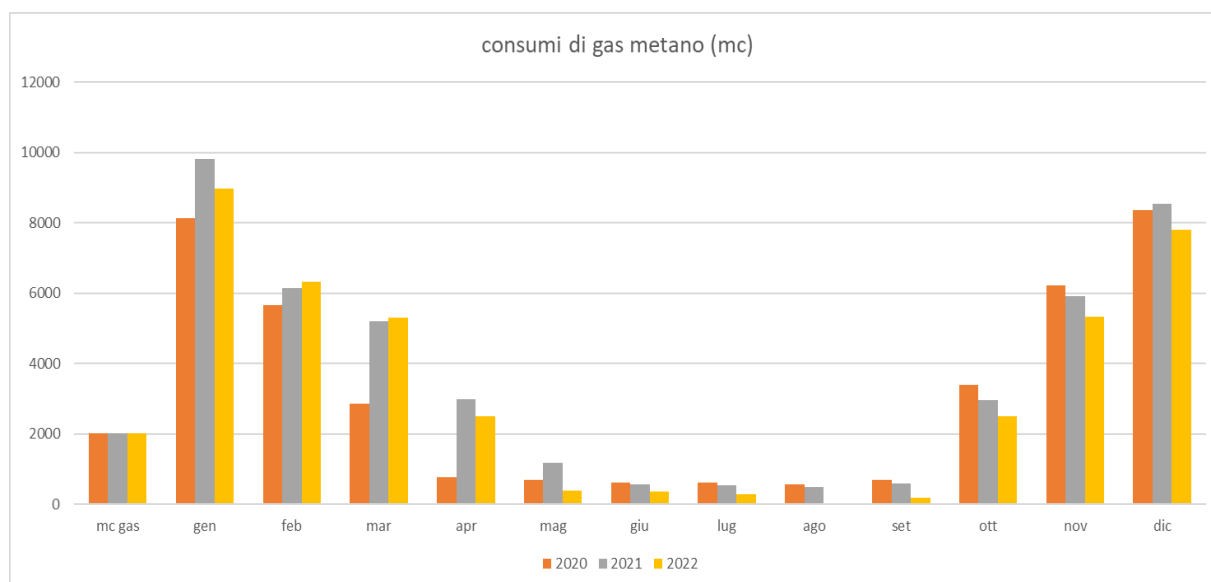
4.1. Consumi per la fornitura di gas metano

L'analisi delle bollette distribuite dalle aziende incaricate della fornitura energetica mediante gas metano per l'edificio scolastico ha evidenziato quanto indicato nella tabella seguente:

2020	mc gas	2021	mc gas	2022	mc gas
Gennaio	8.131	Gennaio	9.812	Gennaio	8.968
Febbraio	5.663	Febbraio	6.142	Febbraio	6.339
Marzo	2.863	Marzo	5.201	Marzo	5.320
Aprile	765	Aprile	2.985	Aprile	2.508
Maggio	694	Maggio	1.171	Maggio	391
Giugno	634	Giugno	580	Giugno	371
Luglio	620	Luglio	544	Luglio	269
Agosto	559	Agosto	508	Agosto	33
Settembre	700	Settembre	596	Settembre	186
Ottobre	3.392	Ottobre	2.969	Ottobre	2.500
Novembre	6.219	Novembre	5.916	Novembre	5.331
Dicembre	8.353	Dicembre	8.531	Dicembre	7.813
TOTALE	38.593	TOTALE	44.955	TOTALE	40.056

I valori riportati in tabella, rappresentanti il consumo di metri cubi di metano (si segnala che per i mesi di marzo-aprile 2020 a causa della pandemia i consumi di gas per il riscaldamento e l'ACS siano crollati). L'andamento, come risulta dal grafico di seguito riportato, si presenta pressochè uniforme, con qualche picco dovuto alla meteorologia locale differente di anno in anno (differenza spesso significativa tra i gradi giorno dell'anno in oggetto e l'anno di riferimento standard). Per questo motivo la valutazione energetica e la calibrazione del modello sono eseguite sull'anno medio tra le tre annualità analizzate.

Il grafico successivo conferma le considerazioni sopra esposte.



Andamenti delle richieste totali di gas metano contabilizzate ai due POD per le annualità 2020, 2021 e 2022 [kWh]

Nell'anno medio utilizzato per la definizione del modello di calcolo il consumo totale di metri cubi è stato di 41.201; nel 2020 i consumi totali sono stati di 38.593 mc, nel 2021 44.955 mc e nel 2022 40.065 mc.

4.2. Consumi per la fornitura di energia elettrica

La varietà degli assorbimenti elettrici che l'edificio presenta non consente di allocare una percentuale fissa di attribuzione per singola tipologia di servizio (illuminazione, climatizzazione estiva, computer, frigoriferi, forni, lavastoviglie ecc...). Tale condizione non permette per la presente diagnosi preliminare di eseguire una stima previsionale sui consumi mediante un legame diretto tra valori ricavati dalle bollette ed assorbimenti dei singoli dispositivi elettrici rilevati in fase di sopralluogo. I consumi elettrici di seguito specificati sono riportati a titolo di completezza, per fornire un report di richiesta energetica associato al fabbricato. Sarà ad ogni modo possibile valutare il beneficio di eventuali interventi di efficientamento relativi al vettore elettrico confrontando le potenze assorbite dai singoli dispositivi oggetto di sostituzione.

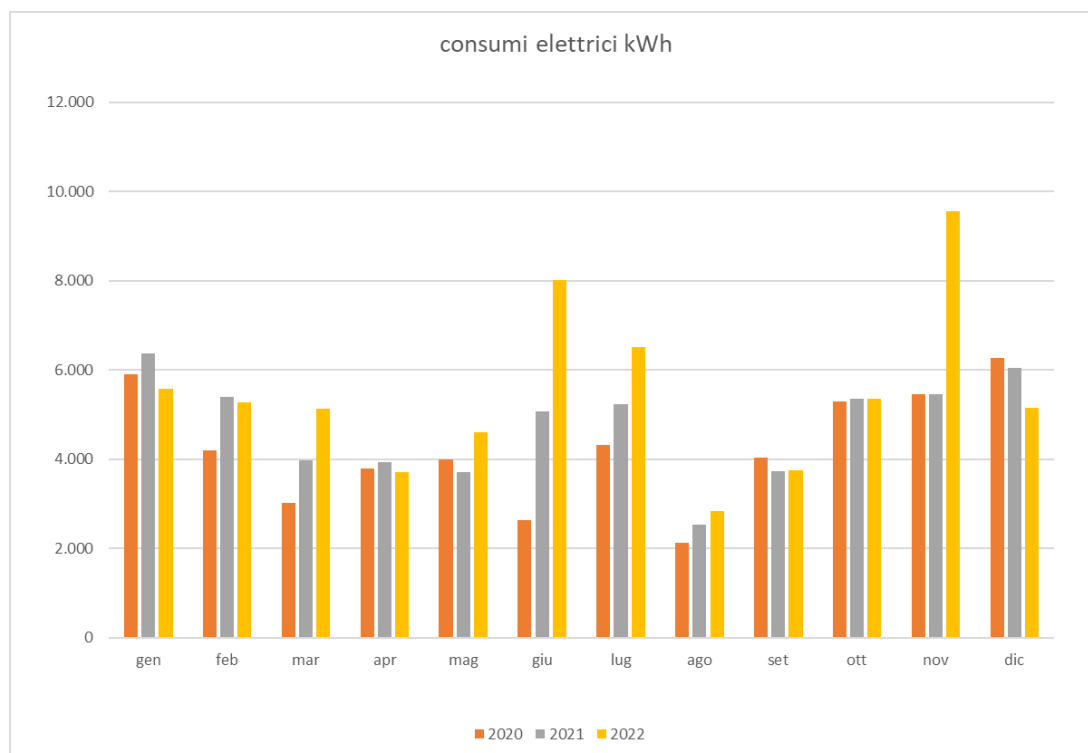
La potenza totale disponibile per l'edificio è pari a 43,8 kW in bassa tensione.

L'analisi delle bollette distribuite dalle aziende incaricate della fornitura dell'energia elettrica per l'edificio scolastico ha evidenziato quanto indicato nelle tabelle seguenti. Come per il consumo del gas, si evidenzia come l'anno 2020, a seguito della pandemia, abbia riportato dei consumi minori rispetto alle altre due annualità.

2020	kWh	2021	kWh	2022	kWh
Gennaio	5.900	Gennaio	6.377	Gennaio	5.577
Febbraio	4.200	Febbraio	5.395	Febbraio	5.266
Marzo	3.021	Marzo	3.963	Marzo	5.122
Aprile	3.786	Aprile	3.930	Aprile	3.714
Maggio	4.000	Maggio	3.702	Maggio	4.602
Giugno	2.634	Giugno	5.071	Giugno	8.005

Luglio	4.317	Luglio	5.233	Luglio	6.514
Agosto	2.115	Agosto	2.532	Agosto	2.835
Settembre	4.042	Settembre	3.724	Settembre	3.759
Ottobre	5.301	Ottobre	5.355	Ottobre	5.360
Novembre	5.463	Novembre	5.450	Novembre	9.567
Dicembre	6.259	Dicembre	6.044	Dicembre	5.145
TOTALE	51.038	TOTALE	56.776	TOTALE	65.466

I grafici seguenti riportano rispettivamente gli assorbimenti mensili dell'energia elettrica per il triennio di riferimento e gli assorbimenti nell'anno medio del triennio. L'andamento nei tre anni è abbastanza lineare (con solo dei picchi relativi ai mesi di giugno, luglio e novembre 2022).



Andamenti delle richieste totali di elettrica contabilizzate per le annualità 2020, 2021 e 2022 [kWh]

4.3. Principali indicatori di prestazione energetica

In seguito all'analisi dei consumi è possibile calcolare il fabbisogno specifico di energia termica ed elettrica dell'edificio per unità di volume climatizzato.

INDICATORI SPECIFICI DI CONSUMO PER UNITA' DI VOLUME			
VETTORE	Energia media annuale consumata [kWh]	Volume climatizzato [m ³]	Consumo specifico di energia [kWh/m ³]
Metano	617.454	5.987	103,13
Energia elettrica	41.201	5.987	6,88

Al fine di valutare globalmente il fabbisogno di energia primaria richiesto dell'edificio, è necessario convertire i contributi di energia consegnata in kWh di energia primaria o in tep (tonnellate equivalenti di petrolio) attraverso opportuni coefficienti di conversione.

INDICATORI SPECIFICI DI CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE (rinnovabile + non rinnovabile)

VETTORE	Energia media annuale consumata	Fattore di conversione	Richiesta di energia primaria	
	[kWh]		[kWh _p]	[tep]
Metano	617.454	1,05	648.326	55,74
Energia elettrica	41.201	2,42	99.702	8,57
TOTALE			748.028	64,31

Si possono infine calcolare, mediante opportuno fattore di conversione per ogni vettore energetico, le emissioni equivalenti di CO₂.

INDICATORI SPECIFICI DI ANIDRIDE CARBONICA EMESSA			
VETTORE	Energia media annuale consumata	Fattore di conversione	Emissione di anidride carbonica equivalente
	[kWh]		[kg _{CO2}]
Metano	617.454	0,210	129.665
Energia elettrica	41.201	0,460	18.952
TOTALE			148.617

5. SIMULAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO

Per la conduzione della diagnosi energetica sull'edificio scolastico è stato sviluppato ad hoc e calcolato un modello di simulazione mediante apposito software di analisi energetica. Il modello è rappresentativo delle caratteristiche energetiche di involucro ed impianti del fabbricato e lo stesso, a partire dai dati di consumo reali ottenuti dalle bollette negli anni di riferimento, è stato raffinato e validato dagli auditors, al fine di disporre di uno strumento previsionale volto all'individuazione dei migliori interventi di efficientamento energetico sotto il profilo costi-benefici.

Per l'analisi del modello si è fatto riferimento, a seconda del metodo di calcolo opportunamente scelto, alle principali normative tecniche italiane ed europee dedicate alle valutazioni energetiche degli edifici. Per la tipologia di edificio oggetto dell'analisi sarebbe indicato un metodo di calcolo dinamico orario. L'utilizzo degli edifici scolastici infatti presenta in genere un andamento caratterizzato da forte discontinuità, sia durante il giorno (alternanza periodo diurno e notturno), che durante la settimana (alternanza giorni feriali e festivi), che durante l'anno (alternanza periodo di attività didattica e periodo vacanze). Trattandosi di analisi generica volta all'individuazione preliminare di opportuni interventi di efficientamento energetico e non riferendosi a progettazione esecutiva degli stessi, l'attività di auditing può essere condotta comunque con buona approssimazione con metodi di calcolo stazionario. Il risultato così ottenuto sarà meno rappresentativo rispetto ai valori ottenibili con stima di tipo dinamico per quello che riguarda gli andamenti previsionali dei consumi puntuali distribuiti nel giorno o nella settimana, tuttavia potrà fornire delle indicazioni caratterizzate da un sufficiente grado di accuratezza nel merito dei miglioramenti valutati mediamente nel periodo annuale.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche di sviluppo del modello di simulazione:

Metodo di calcolo	Analisi semi-stazionaria per il sistema involucro-impianto
Principali normative di riferimento	UNI TS 11300 parti da 1 a 6
Software di calcolo	Termolog EpiX 14
Servizi considerati nel modello energetico	Climatizzazione invernale ed estiva
Principali dati di input inseriti ad hoc per la validazione del modello	Profilo di temperatura esterna, temperatura interna di set point, profili di utilizzo degli ambienti, apporti interni, ricambi d'aria, profili stimati di accensione degli impianti

5.1. Risultati della simulazione

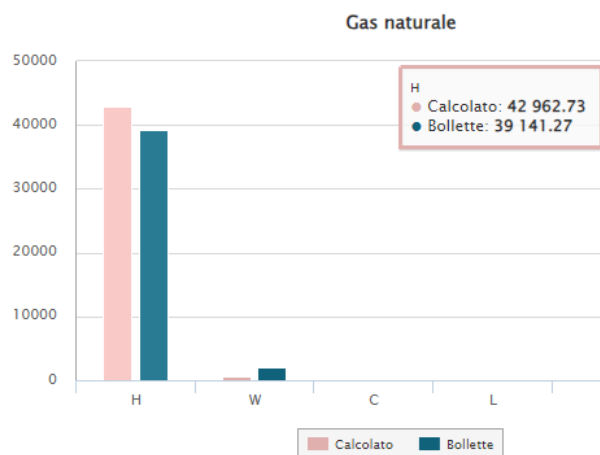
Le valutazioni energetiche necessarie ai fini della diagnosi riferita al periodo di climatizzazione invernale sono svolte tenendo conto dei principali indici di prestazione definiti dalla norma tecnica UNI TS 11300 e dal DM "Requisiti minimi" del 26 giugno 2015.

Si riportano nella tabella seguente i principali risultati dell'analisi. La simulazione è considerata affidabile se il delta tra consumi rilevati dalle bollette in m³ di metano e l'approvvigionamento risultato dal modello in condizioni *tailored* è inferiore al 10%, ritenendo sufficiente tale approssimazione in funzione della tipologia e del grado di diagnosi svolta.

Principali indici di prestazione energetica per climatizzazione invernale

Grandezza	Valutazione standard	Valutazione tailored
Durata della stagione di riscaldamento [giorni]	183	118
Energia termica scambiata per trasmissione [kWh]	597.088	307.528
Energia termica scambiata per ventilazione [kWh]	76.302	6.817
Energia dovuta agli apporti solari strutture opache [kWh]	25.271	16.286
Energia dovuta agli apporti solari strutture trasparenti [kWh]	4.834	3.120
Energia dovuta agli apporti interni [kWh]	25.156	12.744
Fabbisogno ideale di energia termica utile [kWh]	644.591	298.600
Energia primaria rinnovabile [kWh]	-	-
Energia primaria non rinnovabile [kWh]	1.035.716	594.590
Energia primaria totale [kWh]	1.035.716	594.590
Indice di prestazione rinnovabile [kWh/(m ² anno)]	-	-
Indice di prestazione non rinnovabile [kWh/(m ² anno)]	651,45	301,73
Indice di prestazione totale [kWh/(m ² anno)]	651,45	301,73

Rendimento medio globale stagionale [-]	0,72	0,72
Consumo teorico gas [m ³]	42.962	39.141
Calibrazione [%]	-	5,57%



Confronto tra consumo stimato (modello tailored) e reale per il servizio di climatizzazione invernale [m³]

5.2. Validazione del modello

A partire dalle bollette di consumo per la fornitura di gas metano, la calibrazione del modello è stata effettuata in base alle quote di energia richieste per la climatizzazione invernale. Per tener conto dei consumi reali di energia in valutazione *tailored* sono state inserite nel modello di calcolo le seguenti condizioni:

- Profili di temperatura esterna corrispondenti al periodo di cui erano disponibili le bollette (anni di riscaldamento 2020, 2021 e 2022), secondo misurazioni climatiche ricavate;
- Correzione di alcuni parametri standardizzati (tra cui ricambio d'aria naturale ed apporti gratuiti interni) con alcuni valori più aderenti all'utilizzo dell'edificio specifico;
- Profili di temperatura dell'ambiente interno diversificati tra giorni della settimana e fine settimana;
- Profili di accensione degli impianti, stimati durante il giorno e tra i giorni settimanali, dato che gli impianti della scuola sono presumibilmente spenti in ore serali e notturne e nei giorni di sabato e domenica.

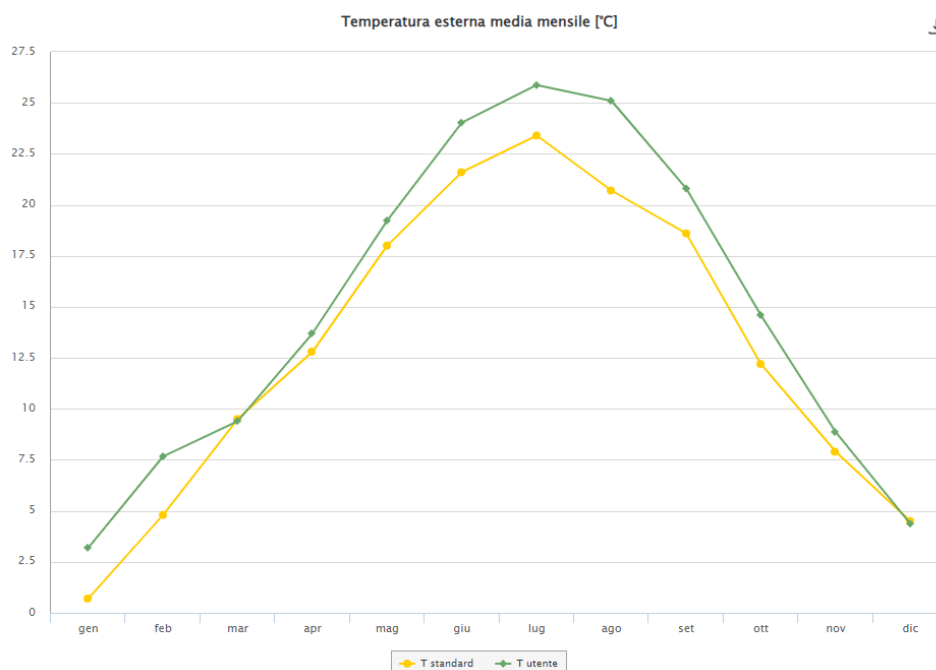
PROFILO DELLA TEMPERATURA ESTERNA

Per calibrare il modello di analisi in modo da ottenere un fabbisogno di energia per climatizzazione invernale corrispondente alla quota rilevata dalle bollette, si è proceduto in primo luogo a sostituire i dati climatici della temperatura esterna dell'anno standard con i dati meteo per il comune di Pogliano relativi al triennio in oggetto. Sono stati viceversa mantenuti i valori standard per le irradiazioni solari, poiché meno soggette a variazioni e meno influenti nel calcolo.

Di seguito si riporta una tabella contenente i valori di temperatura medi mensili dell'anno standard, dei tre anni di riferimento e dell'anno medio ed il grafico degli andamenti, sia per la condizione standard che per l'anno medio.

Andamento della temperatura esterna media mensile					
MESE	Standard [°C]	Anno 2016 [°C]	Anno 2017 [°C]	Anno 2018 [°C]	Anno medio [°C]
Gennaio	0,7	3,8	3,0	2,8	3,2
Febbraio	4,8	8,1	7,5	7,4	7,7
Marzo	9,5	9,5	9,7	9,0	9,4
Aprile	12,8	15,0	12,6	13,5	13,7
Maggio	18,0	19,7	17,0	21,0	19,2
Giugno	21,6	22,0	24,4	25,7	24,0
Luglio	23,4	25,0	24,6	28,0	25,9
Agosto	20,7	25,3	24,1	25,9	25,1

Settembre	18,6	20,6	21,2	20,6	20,8
Ottobre	12,2	13,3	13,2	17,3	14,6
Novembre	7,9	8,6	8,8	9,2	8,9
Dicembre	4,5	4,6	3,0	5,5	4,4



Andamenti delle temperature esterne per l'anno medio tra le annualità 2020, 2021 e 2022 e della temperatura standard nel Comune di Pogliano [°C]

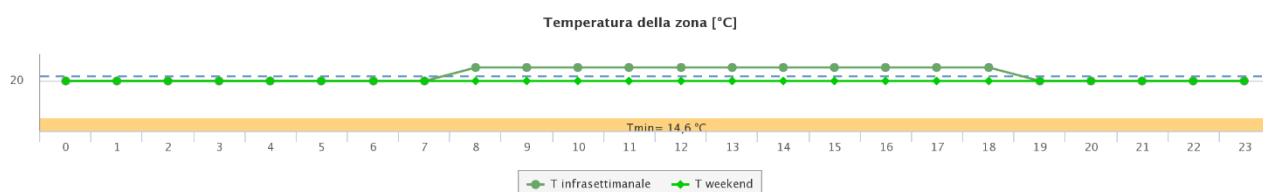
PROFILO DELLA TEMPERATURA INTERNA E PROFILI D'USO

Il metodo di calcolo stazionario della UNI TS 11300 utilizzato considera per definizione un salto termico costante durante l'intero periodo di calcolo: il mese. Per gli edifici non residenziali tale ipotesi rappresenta un limite considerevole, poiché questi immobili sono tipicamente interessati da uso discontinuo sia nell'arco della giornata che nei giorni della settimana. In particolare gli edifici scolastici sono inoltre soggetti a spegnimento dell'impianto per lunghi periodi a causa dell'interruzione delle attività didattiche per le vacanze.

Per ovviare alla suddetta ipotesi non verosimile occorre applicare alcuni accorgimenti che portino ad una riduzione "ragionata" della temperatura media degli ambienti interni. Nell'applicazione di questa ipotesi di calcolo non è possibile tener conto né del comportamento inerziale dell'edificio né di periodi di spegnimento dell'impianto nell'arco temporale del mese (eventualmente solo di regimi di attenuazione). Nel metodo tuttavia sarà abbassato il valore della temperatura media di regolazione degli ambienti interni, "spalmando" il funzionamento discontinuo dell'impianto di climatizzazione su tutto l'arco del mese, mediante utilizzo di un salto termico costante ma ridotto. Grazie alle correzioni descritte, pur utilizzando un metodo approssimato, i risultati ottenuti sono soddisfacenti.

I grafici seguenti riportano gli andamenti delle temperature interne stimate nell'arco delle 24 ore per la giornata tipo. per l'edificio con le aule l'andamento della temperatura interna è stato differenziato tra i giorni scolastici della settimana ed i weekend.

La tabella successiva riporta i valori medi ottenuti dagli andamenti orari stimati della temperatura interna, utilizzati per il calcolo del salto termico medio mensile ridotto.



Andamenti della temperatura ambiente nel corso delle 24 ore in un giorno feriale ed in uno festivo per l'edificio scolastico

Inoltre, sempre per tener conto dell'uso discontinuo dell'edificio in un metodo di calcolo basato sull'ipotesi dell'uso continuo, i ricambi d'aria per l'edificio scolastico sono stati modificati locale per locale per tenere conto dell'assenza dell'utenze in molte ore della giornata.

Infine, per tener conto del fatto che l'affollamento nei locali di passaggio (atri, corridoi e disimpegni) è di gran lunga inferiore a quello delle aule, sono stati ridotti gli apporti interni.

PROFILO DI ACCENSIONE DELL'IMPIANTO

Per tener conto nella valutazione tailored del profilo di utilizzo reale degli impianti durante la stagione di climatizzazione invernale è introdotta una riduzione di orario giornaliero (passando da 24 ore a 18 ore al giorno di utilizzo) e dei giorni di utilizzo nel mese per tener conto delle domeniche e dei giorni di chiusura per festività. La tabella seguente riporta tale ipotesi di calcolo nel dettaglio.

La condizione appena esposta si aggiunge alla riduzione della temperatura di set point per considerare nel metodo di calcolo stazionario medio mensile gli effetti contestuali associati ai regimi sia di spegnimento che di attenuazione dei generatori. Occorre anche ricordare in proposito che la valutazione energetica stazionaria non considera picchi di potenza richiesta nelle ore di freddo intenso, poiché il dato di ingresso è rappresentato dalla temperatura media mensile.

Profili di utilizzo degli impianti in regime standard e tailored								
		Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Ottobre	Novembre	Dicembre
Standard	Giorni	31	28	31	15	17	30	31
	Ore giornaliere	24	24	24	24	24	24	24
Tailored	Giorni	22	22	22	13	15	22	19
	Ore giornaliere	14	14	14	14	14	14	14

6. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

L'obiettivo del presente documento è quello di suggerire al committente le soluzioni di efficientamento energetico più indicate sotto il profilo dell'analisi costi-benefici, o comunque dettate da esigenze differenti, quali la garanzia del comfort ambientale per i fruitori degli spazi dell'edificio o la sostituzione di apparati vetusti. Più nello specifico il mandato assegnato dal committente pone come elementi di indagine della diagnosi energetica:

- Ricerca di eventuali interventi di efficientamento energetico volti ad un'efficace riduzione dei consumi energetici richiesti per l'erogazione dei principali servizi sul fabbricato: climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione, ecc...;
- Individuazione di alcuni interventi di miglioramento volti a risolvere condizioni di discomfort per gli occupanti: sensazioni concentrate o prolungate di freddo o caldo, umidità ridotta o eccessiva, velocità dei flussi d'aria in ambiente, eccessivo soleggiamento negli ambienti, ecc...;
- Ricerca di interventi di carattere energetico per involucro ed impianti richiesti in ottemperanza ad eventuali nuovi obblighi di legge;
- Indagine in merito al corretto funzionamento di dispositivi di vario genere e utilizzo, caratterizzati da eccessiva vetustà o inadeguati a standard minimi per esigenze di carattere estetico;
- Elaborazione per ogni intervento ipotizzato di opportuna analisi economica e di fattibilità, che consenta per gli stessi il raggiungimento dei seguenti obiettivi e/o necessità:
 - Investimenti compatibili con le disponibilità dell'ente, eventualmente spalmabili in più anni;
 - Tempi di ritorno accettabili per l'investimento ipotizzato;
 - Realizzabilità degli interventi compatibilmente con l'attività didattica;

In base alle premesse precedentemente esposte i principi generali di valutazione seguiti nello svolgimento della diagnosi energetica sono stati i seguenti:

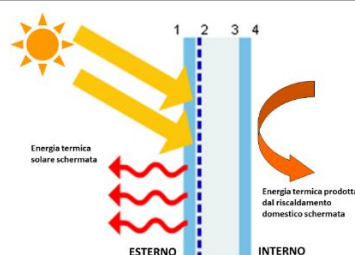
- Tra le soluzioni di efficientamento in una prima fase sono stati considerati interventi relativi all'isolamento termico dell'involucro, volto a diminuire i fabbisogni energetici del fabbricato:
 - isolamento a cappotto sulle pareti verticali e sulla copertura;
 - sostituzione dei serramenti.
- In una seconda fase saranno previsti interventi sugli impianti (termici ed elettrici), per ottimizzare la produzione di energia e aumentare l'indipendenza energetica dalla rete di distribuzione:
 - Sostituzione del generatore di calore e rifacimento dell'impianto di distribuzione ed emissione;
 - Relamping interno;
 - Installazione pannelli fotovoltaici in copertura;

6.1. Individuazione delle potenziali aree d'intervento

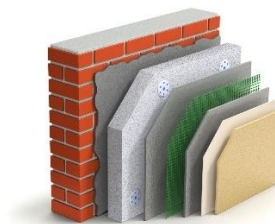
Nel rispetto dei principi esposti in questo paragrafo la tabella seguente riporta gli interventi individuati per l'edificio scolastico in oggetto.

A - EFFICIENTAMENTO DELL'INVOLUCRO

SERRAMENTI: Sostituzione di tutti i serramenti esistenti con nuovi elementi a doppio vetro basso emissivo.

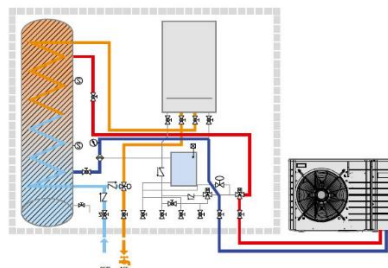


CAPPOTTO TERMICO: isolamento a cappotto delle pareti perimetrali esterne e della copertura dell'immobile



B - EFFICIENTAMENTO DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

GENERATORI: Smantellamento del generatore di calore esistente e installazione di nuova centrale termica formata da un sistema ibrido composto da pompa di calore idronica abbinata alla caldaia a condensazione



SISTEMA DI DISTRIBUZIONE: sostituzione dell'attuale sistema di distribuzione del fluido energetico con nuove tubazioni ottimizzate e isolate termicamente



SISTEMA DI EMISSIONE: sostituzione degli attuali radiatori con nuovi ventilconvettori in ogni locali che possano fornire il servizio di riscaldamento e raffrescamento dell'ambiente.



C - INSTALLAZIONE PANNELLI FOTOVOLTAICI

PANNELLI FOTOVOLTAICI: Installazione di pannelli solari fotovoltaici per produzione energia elettrica da rinnovabile. Tale intervento è auspicabile viste le dimensioni edificio, la metratura di copertura disponibile e gli assorbimenti elettrici presenti (illuminazione, pompa di calore e gruppo frigorifero installati nel fabbricato)



D - SOSTITUZIONE DISPOSITIVI PER RIDUZIONE ASSORBIMENTO ELETTRICO

RELAMPING: Installazione di nuovi corpi luminosi composti da tecnologia a LED, dimmerabili e con potenza ridotta.



6.2. Scenario di intervento A: involucro opaco e trasparente

L'intervento A ipotizzato per l'edificio oggetto della diagnosi è finalizzato soprattutto a rispondere ad esigenze di riduzione dei consumi, quindi al contenimento della dispersione del calore attraverso l'involucro nel periodo invernale e/o estivo. I nuovi serramenti, oltre a migliorare le performance energetiche in estate ed in inverno dell'edificio, garantiranno anche un maggior comfort termo acustico oltre all'eliminazione di fastidiosi spifferi d'aria.

Nei suddetti ambienti i serramenti attuali potrebbero essere sostituiti da elementi ad elevata prestazione a doppio vetro con telaio metallico a taglio termico o PVC. I valori di trasmittanza dei serramenti raggiunti a valle dell'intervento sono corrispondenti ai valori limite previsti dal Conto Termico 2.0 (DM 16 febbraio 2016).

Analogo ragionamento per le pareti perimetrali e la copertura: l'isolamento dall'esterno verrà effettuato secondo i limiti previsti dalla normativa e garantirà un notevole risparmio di fabbisogno termico dell'edificio.

Nelle immagini successive vengono riportati i consumi e costi suddivisi per vettore energetico, un'analisi economica con tempo di ritorno dell'investimento (senza considerare incentivi vari) e quindi alcuni indicatori di fabbisogni termici con il raffronto ante e post intervento.

N.B. ipotizzato un costo di circa 100€/mq per isolamento copertura e pareti perimetrali e di 800€/mq per i nuovi serramenti.

Costi e consumi

Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	66.359,7	67.884,2	-1.524,5	-2,3 %
Gas naturale	m3	37.992,0	13.630,3	24.361,7	64,1 %

Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	13.271,9	13.576,8	-304,9	-2,3 %
Gas naturale	€	33.812,9	12.130,9	21.682,0	64,1 %
Costo complessivo	€	47.084,8	25.707,8	21.377,0	45,4 %

Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	693.166,1
Risparmio annuo	€	21.377,1
Tempo di ritorno	anni	32,4
Risparmio CO2	Kg/m ²	33,8

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



Dettagli di calcolo - Involucro: fabbisogno di energia termica

Fabbisogni di energia termica per riscaldamento

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
QH,tr	kWh	298.412,6	122.733,4	175.679,2	58,9 %	Fabbisogno di energia termica per trasmissione
QH,ve	kWh	6.607,0	6.607,0	0	-	Fabbisogno di energia termica per ventilazione
Qsol,op	kWh	16.286,4	1.997,5	14.288,9	87,7 %	Apporti solari sulle superfici opache in riscaldamento
Qsol,w	kWh	3.120,8	13.860,0	-10.739,2	-344,1 %	Apporti solari sulle superfici trasparenti in riscaldamento
Qint	kWh	12.744,0	12.744,0	0	-	Apporti interni in riscaldamento
QH,nd	kWh	289.283,1	103.509,4	185.773,7	64,2 %	Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento

6.3. Scenario di intervento B: sostituzione generatori e altri interventi impiantistici

L'intervento B previsto per l'edificio oggetto della diagnosi è mirato al miglioramento delle prestazioni del sistema di produzione di energia nel periodo invernale ed estivo. L'intervento prevede il rifacimento dell'intero impianto, dalla generazione alla distribuzione fino all'emissione del calore.

Le soluzioni impiantistiche considerate sono le seguenti:

- a) impianto dotato di caldaia a condensazione;
- b) impianto dotato di pompa di calore elettrica;
- c) integrazione dei suddetti impianti con impianti solari termici;
- d) impianto di cogenerazione;
- e) stazione di teleriscaldamento collegata a una rete efficiente come definita al decreto legislativo n. 102 del 2014;
- f) installazione di un sistema di gestione automatica degli impianti conforme al livello B della norma EN15232.

Il collegamento ad una stazione di teleriscaldamento (punto e) è stata scartata in quanto non è presente nel Comune di Pogliano Milanese la rete stessa.

L'impianto di cogenerazione (punto d) è stato scartato in quanto troppo oneroso di una più complessa manutenzione e gestione, ritenuto non idonea da un punto di vista della fattibilità tecnico economica per l'edificio scolastico.

L'integrazione dell'impianto con pannelli solari termici (punto c) è stato preso in considerazione, verrà quindi valutato in fase esecutiva se installare anche pannelli solari termici in aggiunta ai pannelli fotovoltaici. Al momento si preferisce la soluzione con solo pannelli fotovoltaici per evitare di avere nei mesi estivi accumuli eccessivi di acqua calda da smaltire considerando il periodo di chiusura (agosto) e il poco utilizzo di tale vettore energetico nei mesi di apertura (giugno-luglio e settembre).

La soluzione prevista sarà un mix tra il punto a e punto b, con una gestione automatica degli impianti (punto f). Di seguito viene descritta nel dettaglio la scelta progettuale.

La generazione sarà composta un sistema ibrido formato da pompa di calore aria-acqua accoppiata ad una caldaia a condensazione. Il vantaggio del sistema ibrido è dovuto al fatto che si possa sfruttare al meglio la pompa di calore in condizioni ottimali (in genere fino a 3-4°C di temperatura esterna i rendimenti sono ottimali) e che poi possa entrare in funzione la caldaia a condensazione in caso di temperature più rigide.

La rete di distribuzione esistente verrà completamente smantellata: la nuova rete sarà composta da tubazioni opportunamente isolate, più efficienti e anche in grado di poter distribuire sia il fluido caldo (periodo riscaldamento) che quello freddo (periodo raffrescamento).

Verranno sostituiti gli esistenti radiatori con nuovi ventilconvettori: il vantaggio di questa scelta è molteplice:

- in un edificio scolastico è importante avere terminali di emissione con poca inerzia termica (quali sono i ventilconvettori), in grado di riportare le temperature dei locali a standard ottimali in minor tempo rispetto ad altri sistemi emissivi;
- possibilità di ottenere con gli stessi elementi sia l'emissione del caldo che del freddo;
- necessitano di temperature operanti minori rispetto ai radiatori (indicativamente 45°C contro 70°C), questo fa sì che il risparmio di energia termica da produrre sia notevole.

N.B. Ipotizzato un costo complessivo di circa 300.000 €.

Costi e consumi

Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	66.359,7	132.500,4	-66.140,7	-99,7 %
Gas naturale	m3	37.992,1	9.952,6	28.039,5	73,8 %

Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	13.271,9	26.500,1	-13.228,2	-99,7 %
Gas naturale	€	33.813,0	8.857,8	24.955,2	73,8 %
Costo complessivo	€	47.084,9	35.357,9	11.727,0	24,9 %

Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	300.000,0
Risparmio annuo	€	11.727,0
Tempo di ritorno	anni	25,6
Risparmio CO2	Kg/m ²	18,3

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



Dettagli di calcolo - Impianto: fabbisogno di energia primaria

Climatizzazione invernale

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPH,ren	kWh/m ²	0,0	109,5	109,5	-	Indice di prestazione rinnovabile per riscaldamento
EPH,nren	kWh/m ²	263,9	173,9	90,0	34,1 %	Indice di prestazione non rinnovabile per riscaldamento
EPH,tot	kWh/m ²	263,9	283,4	-19,5	-7,4 %	Indice di prestazione totale per riscaldamento
ηH,nren	-	0,797	1,210	0,413	51,8 %	Efficienza globale stagionale di riscaldamento
QR,H	%	0,0	38,6	38,6	-	Quota rinnovabile per riscaldamento

Energia primaria globale

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPgl,ren	kWh/m ²	0,0	111,6	111,6	-	Indice di prestazione globale rinnovabile
EPgl,nren	kWh/m ²	371,5	279,8	91,7	24,7 %	Indice di prestazione globale non rinnovabile
EPgl,tot	kWh/m ²	371,5	391,4	-19,9	-5,4 %	Indice di prestazione globale dell'edificio
QR,HWC	%	0,0	38,8	38,8	-	Quota rinnovabile per risc., acs e raff.

6.4. Scenario di intervento C: installazione pannelli fotovoltaici

Lo scenario C prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici sulla copertura dell'edificio. La fisionomia permetterebbe di installare pannelli integrati, disposti orizzontalmente, quindi ben nascosti alla vista, in modo da, una volta rispettati di base i vincoli di tipo architettonico ed urbanistico, accontentare anche esigenze di carattere estetico sull'edificio. L'energia elettrica prodotta dai pannelli sarà in parte destinata all'autoconsumo, mentre la restante quota verrà ceduta alla rete elettrica nazionale (impianto *grid connected*).

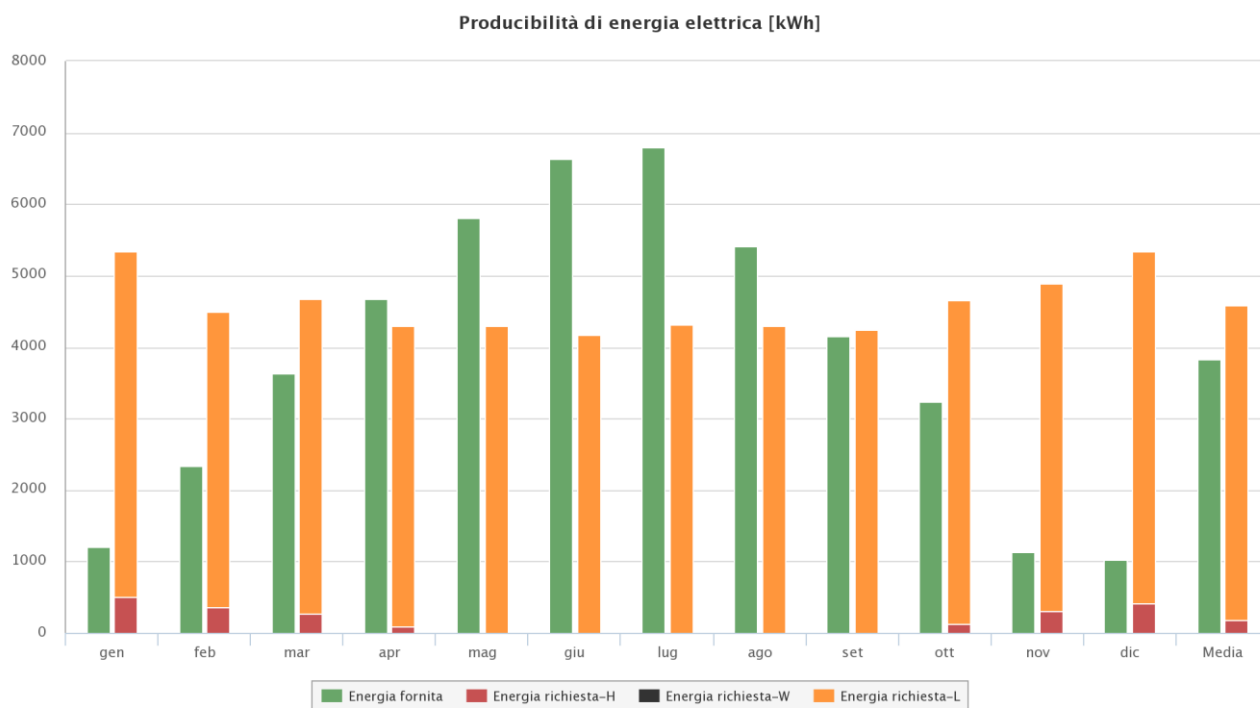
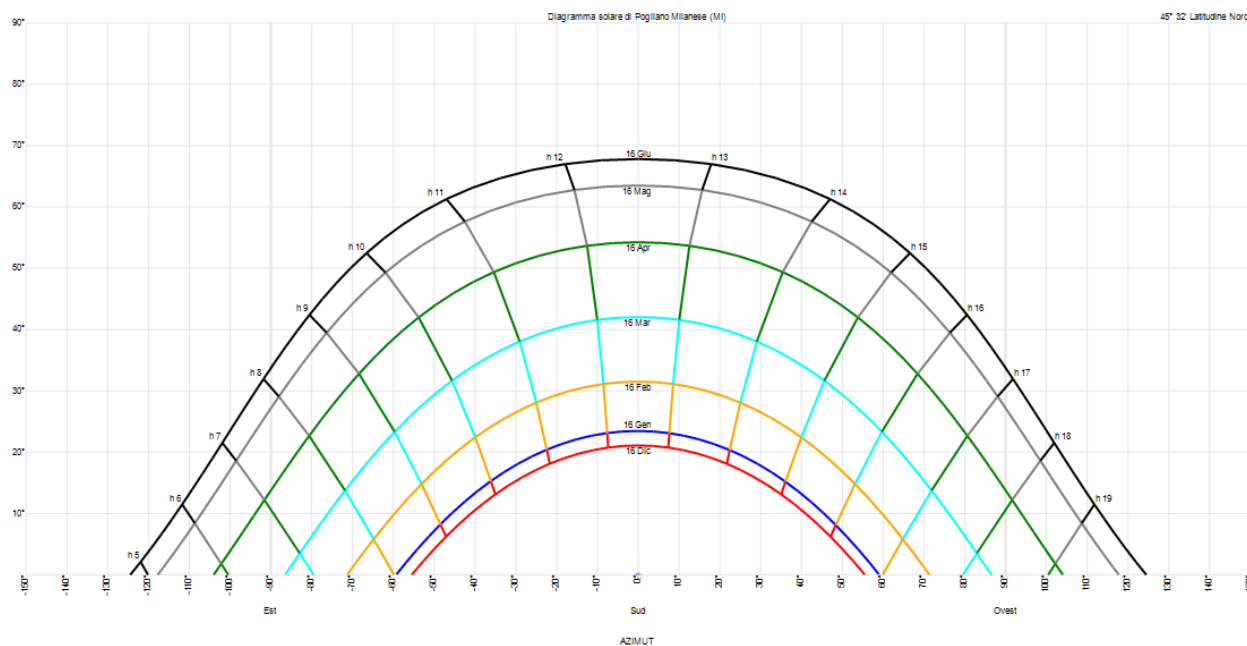
Dall'analisi dei consumi elettrici dell'edificio si evince come gli assorbimenti elettrici dell'edificio siano di notevole entità, (circa 55.000 kWh annui). Si nota chiaramente dallo studio delle bollette un andamento abbastanza regolare dei consumi durante le diverse stagioni, quindi un assorbimento energetico elettrico importante durante tutti i mesi dell'anno.

Per una corretta progettazione dell'impianto fotovoltaico occorre considerare la quota di autoconsumo dell'energia prodotta. Più nello specifico il dimensionamento dell'impianto deve massimizzare l'autoconsumo di energia elettrica e ridurre di conseguenza la quota di energia immessa nella rete elettrica.

Nonostante non si disponga di un profilo orario degli assorbimenti elettrici per un'analisi preventiva dettagliata, si può affermare qualitativamente che l'edificio in questione, dato il suo uso per attività didattiche, si presta comunque bene ad ospitare un impianto fotovoltaico per diversi motivi:

- I consumi sono per lo più concentrati nelle ore diurne, ovvero quelle di maggiore produzione dell'impianto;
- Esiste una quota di assorbimento presente anche quando l'edificio è vuoto (ad esempio nei weekend), dovuta alla presenza di dispositivi che assorbono in modo continuativo energia;
- Nel periodo estivo, a parte nel mese di agosto, tutto l'edificio viene utilizzato. Gli ambienti sono dotati di impianto per la climatizzazione estiva e la loro richiesta di energia per l'alimentazione, di entità per niente trascurabile, potrebbe essere in parte coperta dalla produzione dei pannelli fotovoltaici.

Si ipotizza di installare un impianto fotovoltaico con pannelli in silicio policristallino di potenza totale di picco pari a 50 kWp. Di seguito viene presentato il diagramma solare di Pogliano Milanese e la producibilità di energia elettrica suddivisa nei vari mesi.



Prodotta

46.034
kWh



Carico

55.043
kWh



Copertura

83,6
%

Come si evince dal grafico sopra illustrato, la produttività dell'impianto arriva a coprire oltre l'83% dei consumi di energia elettrica dell'edificio. In alcuni mesi (quelli estivi) la produttività supererebbe addirittura il carico elettrico richiesto, in questo caso l'energia eccedente verrà immessa nella rete elettrica nazionale.

Di seguito si riportano informazioni su costi e consumi dell'intervento oltre ai principali indici di prestazione energetica pre e post intervento.

N.B. Si ipotizza un costo complessivo per l'impianto fotovoltaico di circa 100.000 €.

Costi e consumi

Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	66.359,7	28.309,3	38.050,4	57,3 %
Gas naturale	m3	37.992,1	37.992,1	0	-

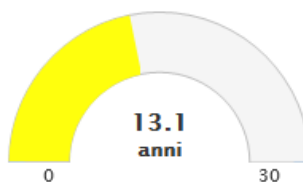
Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	13.271,9	5.661,9	7.610,0	57,3 %
Gas naturale	€	33.813,0	33.813,0	0	-
Costo complessivo	€	47.084,9	39.474,8	7.610,1	16,2 %

Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	100.000,0
Risparmio annuo	€	7.610,1
Tempo di ritorno	anni	13,1
Risparmio CO2	Kg/m ²	27,6

Tempo di ritorno – da 0 a più di 30 anni



Energia primaria globale

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPgl,ren	kWh/m ²	0,0	27,7	27,7	-	Indice di prestazione globale rinnovabile
EPgl,nren	kWh/m ²	371,5	311,2	60,3	16,2 %	Indice di prestazione globale non rinnovabile
EPgl,tot	kWh/m ²	371,5	338,9	32,6	8,8 %	Indice di prestazione globale dell'edificio
QR,HWC	%	0,0	0,1	0,1	-	Quota rinnovabile per risc., acs e raff.

6.5. Scenario di intervento D: Relamping illuminazione interna

L'intervento D previsto per l'edificio oggetto della diagnosi è mirato all'abbattimento dell'assorbimento di energia elettrica dovuta agli impianti di illuminazione interna dell'edificio.

Il servizio di illuminazione degli ambienti interni è attualmente fornito per la maggioranza da lampade a fluorescenza (tubolari "neon" tipo T5 o T8). La sostituzione delle lampade a neon con dispositivi a led non si limita alla mera sostituzione delle lampade ma richiede la sostituzione o quanto meno un riadattamento dei portalampada attuali. Tale operazione comporta costi piuttosto elevati considerando l'ampio quantitativo di punti luce presenti nell'edificio. Sebbene i tempi di ritorno per interventi di questo tipo siano sostanzialmente contenuti, la spesa iniziale potrebbe risultare importante.

Ogni tubolare a neon verrà sostituito con dispositivo a LED in grado di erogare la medesima luminosità con una potenza più modesta di assorbimento elettrico. Contestualmente sarà installato nuovo portalampada apposito per ospitare lampade a tecnologia LED.

Confrontando stato di fatto e di progetto in condizione standard è possibile assegnare la classe energetica nei due casi. Il costo dell'energia elettrica è stato stimato di 0,2 €/kWh.

Principali indici annui di prestazione energetica pre e post intervento di tipo C

Grandezza	Val. standard SDF	Val. standard PROG
Energia elettrica utile x illuminazione [kWh]	50.573	34.712

Energia primaria rinnovabile x illuminazione [kWh]	23.679	16.315
Energia primaria non rinnovabile x illuminazione [kWh]	98.617	67.688
Energia primaria totale x illuminazione [kWh]	122.387	84.003
Indice di prestazione rinnovabile x illuminazione [kWh/(m ² anno)]	10,7	7,2
Indice di prestazione non rinnovabile x illuminazione [kWh/(m ² anno)]	44,5	30,1
Indice di prestazione totale x illuminazione [kWh/(m ² anno)]	55,2	37,3
Rendimento medio globale stagionale x illuminazione [-]	0,413	0,413
Risparmio energetico stimato [kWh]		15.861
Costo teorico assorbimento elettrico x illuminazione [€]	10.114	6.942
Risparmio economico stimato [€]		3.172

7. TABELLA DI SINTESI E CONCLUSIONI

La tabella seguente riassume i principali indicatori energetici ed economici ottenuti dall'analisi di diagnosi energetica per tutti gli interventi di efficientamento energetico (A, B, C e D).

Cod.	Descrizione intervento	Costo (€)	Tempo di ritorno investimento (anni)	Risparmio economico annuo stimato (€)	valutazione
A	Involucro opaco e trasparente	693.000 €	32,4 anni	21.377 €	
B	Sostituzione generatore e rete di distribuzione	300.000 €	25,6 anni	11.727 €	
C	Pannelli fotovoltaici	100.000 €	13,1 anni	7.610 €	
D	Relamping interno	da valutare*	3-4 anni (indicativo)	Bolletta dimezzata*	

* per avere un calcolo preciso è necessario avere il conteggio puntuale dei corpi illuminanti;

** rispetto alla situazione attuale, l'intervento consente una riduzione dei consumi pari a circa la metà.

Nota: i tempi di ritorno degli investimenti sono considerati senza alcun tipo di incentivazione (es: conto termico etc); si evidenzia come il tempo di ritorno e quindi la bontà dell'investimento potrebbe migliorare sensibilmente nel caso si riuscisse ad usufruire di qualche sistema incentivante.

8. TIMBRO E FIRMA DEI TECNICI

Di seguito si riportano la firma ed il timbro di ognuno dei tecnici incaricati:

Gessate, 15 novembre 2023

L'Esperto Gestione Energia arch. Angela Panza



L'Esperto Gestione Energia ing. Sandro Cristina Reggiani

