

# DIAGNOSI ENERGETICA “CANTIERE APERTO” SCUOLA FORESTALE DI ORMEA



**Febbraio 2022**

**Redatta da ing. Paolo Oliaro, Cert. EGE Civile ICMQ n° 20-07600  
Iscritto presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano  
con numero A 24252**



SOMMARIO

<b>SOMMARIO</b> .....	<b>1</b>
<b>ELENCO DELLE TABELLE</b> .....	<b>3</b>
<b>ELENCO DELLE FIGURE</b> .....	<b>4</b>
<b>0 EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>5</b>
<b>1 INQUADRAMENTO GENERALE</b> .....	<b>6</b>
1-1 <i>Informazioni generali</i> .....	6
1-1-1 Dati dell'organizzazione .....	6
1-1-2 Dati dell'auditor .....	6
1-1-3 Metodologia di diagnosi.....	7
1-2 <i>Inquadramento normativo della diagnosi energetica</i> .....	8
1-3 <i>Fattori di conversione</i> .....	9
1-4 <i>Riferimenti normativi</i> .....	9
<b>2 ANALISI ENERGETICA</b> .....	<b>11</b>
2-1 <i>Scopo della diagnosi energetica</i> .....	11
2-2 <i>Aspetti metodologici</i> .....	11
2-2-1 Struttura energetica del sistema oggetto di diagnosi.....	11
<b>3 REPORT ATTIVITÀ IN CAMPO</b> .....	<b>13</b>
3-1 <i>Sottosistema edificio</i> .....	13
3-1-1 Inquadramento territoriale.....	13
3-1-2 Dati climatici della località sulla quale insiste il sito .....	14
3-1-3 Anno di costruzione .....	15
3-1-4 Ombreggiature e apporti solari.....	15
3-1-5 Destinazione d'uso.....	15
3-1-6 Tipologia e tecnologia costruttiva del complesso.....	15
3-1-7 Determinazione delle trasmittanze .....	17
3-1-8 Numero di piani, volumetrie e superfici .....	18
3-1-9 Tipologia di copertura e individuazione delle aree disponibili per l'installazione di sistemi solari termici e/o fotovoltaici.....	18
3-2 <i>Sottosistema impianti</i> .....	18
3-2-1 Sistemi di generazione .....	18
3-2-2 Sistemi di distribuzione .....	19
3-2-3 Ventilazione meccanica ed estrazione.....	19
3-2-4 Sistemi di regolazione .....	19

3-2-5	Sistemi di contabilizzazione del calore .....	19
3-2-6	Prestazioni energetiche dei vari impianti con indicazione dei relativi consumi di combustibile e vettori energetici .....	19
3-2-7	Apparecchiature elettriche installate .....	20
3-2-8	Stato generale dell'isolamento termico della caldaia e dell'impianto di distribuzione ....	21
3-2-9	Tipologia e potenza dei corpi scaldanti.....	22
3-2-10	Anomalie installative che compromettono l'efficienza del sistema edificio – impianto...	22
3-2-11	Orari di accensione dei diversi impianti di climatizzazione .....	22
3-2-12	Andamento dei consumi.....	22
<b>4</b>	<b>REPORT ANALISI DEI DATI.....</b>	<b>24</b>
4-1	<i>Descrizione e bilancio termico dell'involucro .....</i>	<i>24</i>
4-2	<i>Dati climatici e condizioni reali di utilizzo.....</i>	<i>24</i>
4-2-1	Dati climatici reali .....	24
4-3	<i>Ricostruzione dei bilanci energetici.....</i>	<i>25</i>
<b>5</b>	<b>ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO.....</b>	<b>27</b>
5-1	<i>Calibrazione del sistema edificio impianto .....</i>	<i>27</i>
5-2	<i>Simulazione dinamica tramite software .....</i>	<i>28</i>
5-3	<i>Proposte di intervento.....</i>	<i>29</i>
5-3-1	Isolamento dell'involucro opaco.....	29
5-3-2	Sostituzione dei serramenti esterni .....	31
5-3-3	Relamping interno .....	32
5-3-4	Impianto fotovoltaico .....	32
5-3-5	Pompe di calore per la produzione di acs .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
5-3-6	Integrazione di un sistema a pompa di calore per la climatizzazione invernale .....	33
5-3-7	Scenario collettivo.....	34
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>38</b>

## ELENCO DELLE TABELLE

tabella 1 - Dati generali dell'organizzazione.....	6
tabella 2 - Dati generali del team di diagnosi.....	6
tabella 3 - Fasi principali del processo di diagnosi energetica.....	8
tabella 4- Riferimenti normativi e linea guida ENEA per la redazione delle diagnosi energetiche .....	8
tabella 5 - Vettori, unità di misura, fattori di conversione .....	9
tabella 6 - Norme tecniche e legislazione di riferimento per la diagnosi energetica .....	10
Tabella 7 - Orari di apertura della scuola.....	13
tabella 8 - Dati descrittivi.....	13
tabella 9- Dati geografici e climatici del complesso oggetto di analisi.....	14
tabella 10 – Dati caratteristici edificio.....	18
tabella 11 – Elenco componenti elettrici e relative potenze .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 12 – Riepilogo dei radiatori presenti nella scuola.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 13.a – Riepilogo dei ventilconvettori presenti nella scuola.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 14 – Profili d’uso impianto di climatizzazione .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 15 - Valori mensili dei consumi di energia elettrica per gli anni 2017-2018-2019.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 16 - Valori annuali dei consumi di metano per gli anni 2017-2018-2019.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 17 – Spesa energetica per gli anni di riferimento .....	23
tabella 18 – Tipologia e numero utenza dell’edificio.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 19 - Ripartizione consumi elettrici ed energia primaria.....	26
tabella 20 - Ripartizione consumi termici ed energia primaria.....	26
tabella 21 - Consumi EE per macro aree.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 22 - Consumi dell’attività principale.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Tabella 23 - Consumi metano per macro aree .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 24- Fattori di aggiustamento per la normalizzazione dei consumi.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 25- Valori dei fattori di aggiustamento per la normalizzazione dei consumi.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 26 – Definizione degli indici di prestazione energetica.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 27 – Definizione delle baseline.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 28 – Valori degli indici di prestazione energetica.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 29 - Riepilogo trasmittanze termiche involucro edilizio e valori limite.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
tabella 30 - Riepilogo trasmittanze termiche involucro edilizio e valori limite.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>



## ELENCO DELLE FIGURE

figura 1 - Struttura energetica aziendale (da Documento ENEA) .....	12
figura 2 - Localizzazione edificio oggetto di diagnosi .....	14
Figura 4 - Facciata principale .....	15
Figura 5 - Facciata principale .....	15
Figura 6 - Facciata posteriore.....	16
Figura 7 - Facciata posteriore .....	16
Figura 8 - Interni scolastici.....	16
Figura 9 - Terminali di riscaldamento .....	16
Figura 10 - Dettaglio infissi .....	17
Figura 11 - Dettaglio illuminazione .....	17
Figura 12 - Abbaini copertura.....	17
Figura 13 - Centrale termica.....	17
Figura 15 - Bilancio termico d'involucro.....	24
Figura 16 - Andamento della temperatura esterna media mensile.....	25
figura 17 - Modello geometrico realizzato per l'analisi dei consumi.....	28
Figura 18 - Modello geometrico realizzato per l'analisi dei consumi.....	28
Figura 23 - Tempo di ritorno dell'investimento .....	36

## 0 EXECUTIVE SUMMARY

Il presente documento rappresenta la **diagnosi energetica di secondo livello a cantiere aperto della Scuola Superiore Forestale di Ormea** in provincia di Cuneo. Il documento è stato sviluppato in conformità a quanto previsto dall'art. 8 del D.Lgs 102 del 2014.

La diagnosi energetica ha previsto come fase di partenza la modellazione dello stato di fatto effettuata sulla base dei dati di consumo storici dell'energia elettrica e del gas e dei relativi profili di utilizzo forniti dalla Provincia di Cuneo. Per quanto riguarda le caratteristiche dell'involucro opaco, la trasmittanza è stata valutata mediante **l'utilizzo di strumentazione professionale termoflussimetrica**, mentre per l'involucro trasparente è stata verificata la tipologia di vetro (spessore e qualità), la tipologia di gas in intercapedine (aria), il tipo di distanziale tra le lastre e la tipologia del telaio (materiale, spessore, tipologia taglio termico).

La Diagnosi Energetica della scuola di Ormea ha la peculiarità di configurarsi come **Diagnosi Energetica a cantiere aperto** e ha previsto fin dalle primissime fasi un'interazione tra i professionisti incaricati, i professionisti locali e i fruitori dell'edificio al fine di definire le modalità di intervento più appropriate condividendo soluzioni tecniche e modalità organizzative/gestionali.

Avendo raccolto i dati caratteristici del sistema edificio-impianto è stato possibile lo sviluppo di una **simulazione avanzata basata sulla definizione di un modello energetico dinamico**. Più nel dettaglio, è stato tarato un modello di calcolo tramite il **software di modellazione dinamica** in grado di restituire i dati orari di consumo, simulando i profili d'uso, le condizioni climatiche interne ed esterne, consentendo una modellazione energetica avanzata (oltre dell'involucro anche dell'impiantistica e delle logiche di gestione correlate) e più accurata rispetto i modelli di calcolo alla base delle certificazioni energetiche basati su modellazioni stazionarie.

Grazie al modello dinamico tarato sulle reali condizioni di utilizzo/consumo degli anni precedenti, è stato possibile simulare l'attuale profilo di utilizzo dell'edificio, e definire quindi **l'attuale baseline di riferimento** per i consumi, base di partenza per la valutazione dei risparmi energetici ed economici ottenibili dall'intervento proposto.

Anche **gli interventi ipotizzati sono stati simulati tramite lo stesso codice di calcolo dinamico** e dalle simulazioni è stato possibile trarre il bilancio energetico finale con i relativi risparmi sul caso base analizzato.

In particolare, è stato previsto il seguente scenario con cui **è possibile ottenere un edificio NZEB**:

- **isolamento esterno dell'involucro opaco ad eccezione della facciata non principale;**
- **isolamento della copertura;**
- **sostituzione degli infissi;**
- **integrazione del sistema di generazione di calore con pompa di calore alimentata da sonde geotermiche e dismissione dell'impianto a GPL;**
- **installazione di pompe di calore per la produzione di acqua calda sanitaria;**
- **integrazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica;**
- **sostituzione dei corpi illuminanti con tecnologia LED.**

**Par tale soluzione è possibile ottenere un risparmio energetico del 70%.**

## 1 INQUADRAMENTO GENERALE

### 1-1 Informazioni generali

#### 1-1-1 Dati dell'organizzazione

Denominazione	Scuola Superiore forestale di Ormea
Indirizzo	Viale Novaro, 96 – 12078 Ormea (CN)
Settore merceologico	Istruzione
Codice ATECO	-
Numero di dipendenti	-
Fatturato	-
Energivora	No
Nome e Cognome legale rappresentante	Federico Borgna
Telefono	0171 4451
Email	urp@provincia.cuneo.it

tabella 1 - Dati generali dell'organizzazione

#### 1-1-2 Dati dell'auditor

Denominazione sociale	Advanced engineering s.r.l.
Indirizzo	Via Monte Bianco,34 – 20149 Milano
P.IVA	04325430967
Settore di attività	Società di ingegneria specializzata nell'ottimizzazione energetica e nella progettazione impiantistica
Nome e Cognome dell'auditor	Paolo Oliaro
Qualifica professionale	Ingegnere
Qualifica energetica	Auditor energetico – EGE civile
Telefono	02.45473703
Email	<a href="mailto:mail@advancedengineering.it">mail@advancedengineering.it</a>

tabella 2 - Dati generali del team di diagnosi

**1-1-3 Metodologia di diagnosi**

La diagnosi energetica è stata condotta conformemente a quanto disposto nell'Allegato 2 del D.Lgs 102/2014, seguendo la procedura indicata nel corpo di norme UNI CEI EN 16247. In tabella 3 è presentata una sintesi delle fasi principali che costituiscono il processo di diagnosi.

# Fase	Descrizione
<b>1 Contatto preliminare</b>	<p>Definizione dell'oggetto di diagnosi, scopo e grado di accuratezza della stessa, con i referenti selezionati dalla proprietà del sito per le attività di diagnosi energetica.</p> <p>Gli accordi con i referenti sono stati costanti e sin dalla fase della clusterizzazione, sono stati definiti gli ambiti di azione sul singolo sito e sono stati forniti i contatti dei referenti in campo in grado di fornire informazioni adeguate allo svolgimento della diagnosi. In particolare è stata richiesta la disponibilità di un manutentore che potesse avere conoscenze approfondite degli impianti termici e meccanici e della loro logica di esercizio nonché, ove ritenuto opportuno, di un elettricista che potesse supportare in eventuali misurazioni. In aggiunta a ciò, già dalle prime fasi di contatto preliminare, si è delineata la particolarità del processo definita come "Diagnosi Energetica a cantiere aperto" che prevede un continuo confronto tra i professionisti e i fruitori dell'edificio al fine di analizzare insieme le criticità esistenti. Le attività saranno completate entro e non oltre il mese di marzo 2022.</p>
<b>2 Start-up meeting</b>	<p>E' stato svolto un incontro preliminare per coordinare le attività di diagnosi energetica, condividere la tipologia di informazioni necessarie o utili ai fini delle attività, la modalità di reperimento delle stesse e le ipotesi di calendario dei sopralluoghi tecnici.</p>
<b>3 Raccolta dati</b>	<p>Acquisizione de</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- elaborati grafici e relazioni di progetto</li><li>- dati di consumo generale</li><li>- dati gestionali</li></ul> <p>per la comprensione del bilancio energetico globale aziendale.</p>
<b>4 Convegno informativo</b>	<p>Tra le peculiarità della "Diagnosi Energetica a cantiere aperto" vi è l'organizzazione di un convegno informativo presso l'edificio oggetto di analisi che ha visto la partecipazione dei professionisti locali e dei professionisti incaricati al fine di condividere modalità organizzative e strategie di intervento.</p>
<b>5 Sopralluogo</b>	<p>In data 21/10/2021 è stato condotto un sopralluogo in cui sono stati ispezionati tutti i locali della scuola con una particolare attenzione ad individuare e localizzare tutte le utenze che costituiscono un uso intermedio o finale di energia. Il sopralluogo ha previsto la partecipazione dei fruitori dell'edificio e dei professionisti locali. Contestualmente alla visita sono state effettuate interviste al personale presente circa l'utilizzo e conduzione degli impianti. Sono stati inoltre verificati gli elaborati forniti ed effettuato un rilievo fotografico.</p>

<b>6</b>	<b>Analisi dei dati</b>	<p>L'analisi dei dati si è basata sulle informazioni delle utenze elettriche e termiche precedentemente censite e/o integrate a valle della visita al sito; stimando le percentuali di carico di ogni utenza e dei tempi medi di funzionamento o seguendo le indicazioni del personale responsabile, si è identificata la struttura energetica aziendale e la costruzione del modello per ciascun vettore fino alle utenze finali di consumo.</p> <p>La sintesi dei dati raccolti ha poi permesso di formulare, ove presenti criticità, alcune proposte di efficientamento energetico tramite analisi costi/benefici e di valutare degli Indicatori di performance da adoperare per un confronto con i livelli di performance obiettivo definiti per ogni indice. L'interazione tra professionisti e fruitori dell'edificio ha consentito di definire una soluzione progettuale condivisa e partecipata.</p>
<b>7</b>	<b>Report</b>	<p>Stesura del rapporto di diagnosi che viene a costituire per l'organizzazione una base informativa e decisionale per la futura gestione energetica.</p>

**tabella 3 - Fasi principali del processo di diagnosi energetica a "cantiere aperto"**

## 1-2 Inquadramento normativo della diagnosi energetica

L'articolo 8 del D.Lgs 102/2014 ai commi 1 e 3 impone rispettivamente alle grandi imprese ed alle imprese a forte consumo di energia di eseguire una diagnosi energetica per i siti produttivi localizzati sul territorio nazionale. Tale diagnosi deve rispondere ai requisiti minimi di qualità enunciati all'Allegato 2 del Decreto, che il documento di chiarimento rilasciato dal MiSE nel maggio del 2015 intende siano soddisfatti per diagnosi eseguite conformemente al corpo normativo delle UNI CEI EN 16247 e della successiva UNI/TR 11775.

Per quanto riguarda gli edifici, già il D.Lgs 115/2008 e poi la legislazione successiva, fino al DM 26.6.2015, prevedono che eventuali interventi di miglioramento energetico siano scelti a seguito di diagnosi energetiche.

Su queste basi, la presente diagnosi energetica è stata redatta tenuto conto delle indicazioni contenute nei riferimenti di tabella 4.

<b>Ref_1</b>	D.Lgs 102/2014
<b>Ref_2</b>	Corpo delle UNI CEI EN 16247
<b>Ref_3</b>	Documento ENEA: Elementi su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell'art. 8 del D.Lgs 102/2014 in tema di diagnosi energetica
<b>Ref_4</b>	Regione Lombardia: DDUO 2456 del 08/03/2017 - Testo Unico su Efficienza Energetica in Edilizia

**tabella 4- Riferimenti normativi e linea guida ENEA per la redazione delle diagnosi energetiche**

### 1-3 Fattori di conversione

In tabella 5 sono riportati i fattori di conversione utilizzati, come disposto nel Documento ENEA.

Indice	Vettore energetico	u.m.	Formula	PCI	fattore conversione in tep
1	Energia elettrica	kWhe	$= 0,187 \cdot 10^{-3}$	---	$0,187 \cdot 10^{-3}$
2	GPL				
3	Biomassa solida				

tabella 5 - Vettori, unità di misura, fattori di conversione

### 1-4 Riferimenti normativi

La tabella 6 richiama le principali normative tecniche e disposizioni legislative di settore.

NORME TECNICHE E LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO			
<b>DIRETTIVE EUROPEE</b>			
(1)	<b>Dir. Eu. 2012/27/UE</b>	Direttiva Europea sull'efficienza energetica	Modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.
<b>LEGGI ITALIANE</b>			
(2)	<b>D.Lgs 102/2014</b>	Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica	In aggiunta, l'Allegato 2 del decreto legislativo riporta i criteri minimi per gli audit energetici, compresi quelli realizzati nel quadro dei sistemi di gestione dell'energia.
(3)	<b>DDUO 2456 del 08/03/2017</b>	Regione Lombardia: Aggiornamento Testo Unico su efficienza energetica in edilizia	Il decreto rappresenta il nuovo testo unico sull'efficienza energetica degli edifici in sostituzione del precedente Decreto 176/2017.
<b>NORME TECNICHE</b>			
(4)	<b>UNI CEI 11339:2009</b>	Gestione dell'energia. Esperti in gestione dell'energia. Requisiti generali per la qualificazione	E' la norma che stabilisce i requisiti generali e le procedure di qualificazione perché una persona possa diventare Esperto in Gestione dell'Energia (EGE): compiti, competenze e modalità di valutazione.
(5)	<b>UNI CEI 11352:2014</b>	Gestione dell'energia. Società che forniscono servizi energetici (ESCO). Requisiti generali, liste di controllo per la verifica dei requisiti dell'organizzazione e dei contenuti dell'offerta del servizio	E' la norma che stabilisce i requisiti generali ed una lista di controllo perché una società fornitrice di servizi energetici eroghi servizi conformi alla UNI CEI EN 15900, con garanzia di risultati.
(6)	<b>UNI CEI EN 16247:2012÷2015</b>	Diagnosi energetiche	È la norma europea che regola i requisiti e la metodologia comune per le diagnosi energetiche nonché la documentazione da produrre: Parte 1 - Requisiti generali Parte 2 - Edifici Parte 3 - Processi

			Parte 4 - Trasporti Parte 5 - Auditor energetici
(7)	<b>UNI CEI EN 16212:2012</b>	Calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica - Metodi top-down (discendente) e bottom-up (ascendente)	La norma ha lo scopo di fornire un approccio generale per i calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica utilizzando metodologie standard. L'impostazione della norma permette l'applicazione ai risparmi energetici negli edifici, nelle automobili, nei processi industriali, ecc. Il suo campo d'applicazione è il consumo energetico in tutti gli usi finali.
(8)	<b>UNI CEI EN 16231:2012</b>	Metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica	La norma definisce i requisiti e fornisce raccomandazioni sulla metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica. Lo scopo del benchmarking è l'individuazione di dati chiave e di indicatori di consumo energetico. Gli indicatori possono essere sia tecnici che comportamentali, qualitativi e quantitativi, e devono essere mirati alla comparazione delle prestazioni.

tabella 6 - Norme tecniche e legislazione di riferimento per la diagnosi energetica

## 2 ANALISI ENERGETICA

### 2-1 Scopo della diagnosi energetica

La diagnosi energetica, come definita dall'art. 2 del D.Lgs 115/2008, è la *“procedura sistematica volta a fornire un’adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati”*.

Un obiettivo primario della diagnosi energetica, richiamato altresì nella definizione riportata dal normatore, è quello di individuare *“opportunità di risparmio energetico”*.

### 2-2 Aspetti metodologici

#### 2-2-1 Struttura energetica del sistema oggetto di diagnosi

La struttura energetica o schema energetico rappresenta la scomposizione in livelli progressivi di approfondimento dei flussi energetici entranti nel sito, distinti per vettore. La profondità dei livelli, intesa come “frammentazione” degli usi, è legata sia alla diponibilità dei dati di consumo sia alla loro rilevanza, quest’ultima strettamente collegata agli obiettivi stabiliti, alle risorse disponibili ed eventualmente, alla tipologia di interventi che si desiderano realizzare. La discretizzazione deve comunque spingersi almeno fino al livello D, vedi figura 1 tratta dal Documento ENEA, per quelle utenze che incidono sul vettore adoperato per più del 5% sul totale dei consumi globali dello stesso vettore energetico sul sito, e con una precisione di modello energetico tale da vedere allocata a livello D almeno il 95% dei consumi noti a livello B ( $\sum LD \geq 95\% LB$ ).

Si costruiscono quindi tanti schemi energetici, e relativi modelli per l’allocazione agli usi intermedi e finali, quanti sono i vettori energetici che servono il sito.

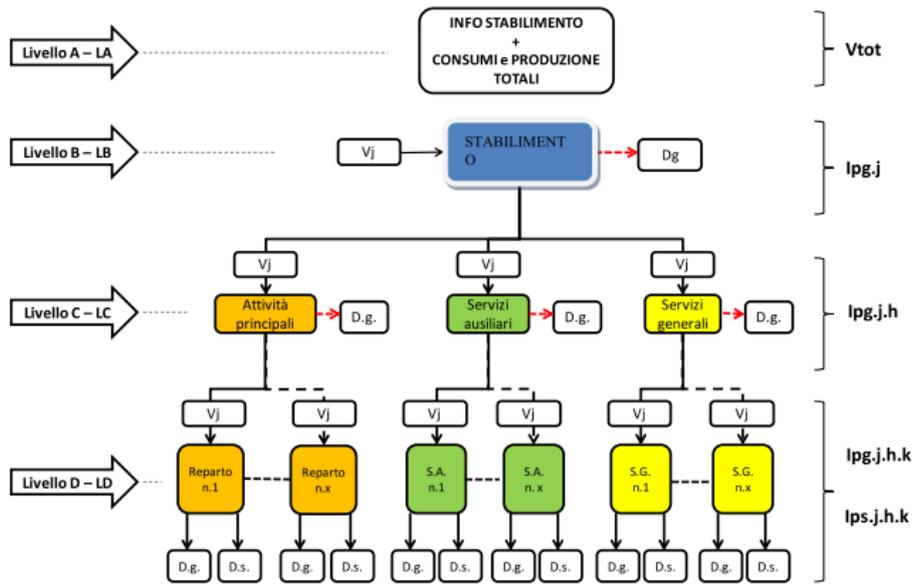


figura 1 - Struttura energetica aziendale (da Documento ENEA)

### 3 REPORT ATTIVITÀ IN CAMPO

La scuola forestale si compone di un edificio distribuito su quattro piani fuori terra, un seminterrato e un piano sottotetto. L'ingresso alla scuola avviene dal piano terra tramite una scala che consente di superare il dislivello di 1,70 m dal piano strada. Le aule didattiche, i laboratori e gli uffici sono distribuiti al piano terra e primo mentre negli altri piani fuori terra e nel sottotetto, di estensione ridotta rispetto i precedenti, sono presenti le camere da letto degli studenti e dei professori. Nel piano seminterrato sono presenti depositi e locali svago. La centrale termica è posta alla quota del piano terra con accesso indipendente dall'esterno.

La scuola, essendo dotata di foresteria, è aperta tutto il giorno come indicato di seguito.

Scuola forestale		
Giorni	Orario	Durata giornaliera
Da lunedì a domenica	00:00 – 24:00	24 ore

Tabella 7 - Orari di apertura della scuola

#### 3-1 Sottosistema edificio

##### 3-1-1 Inquadramento territoriale

Il complesso oggetto di analisi è localizzato ai margini del centro abitato di Ormea, comune in provincia di Cuneo.

In tabella 8 si riportano i principali dati descrittivi della scuola comunale e in figura 2 si riporta un inquadramento del complesso oggetto della presente diagnosi energetica.

Denominazione	SCUOLA FORESTALE
Indirizzo	Via Novaro, 96 – 12078 Ormea (CN)
Vettori energetici	Energia elettrica, biomassa cippato, gas GPL

tabella 8 - Dati descrittivi

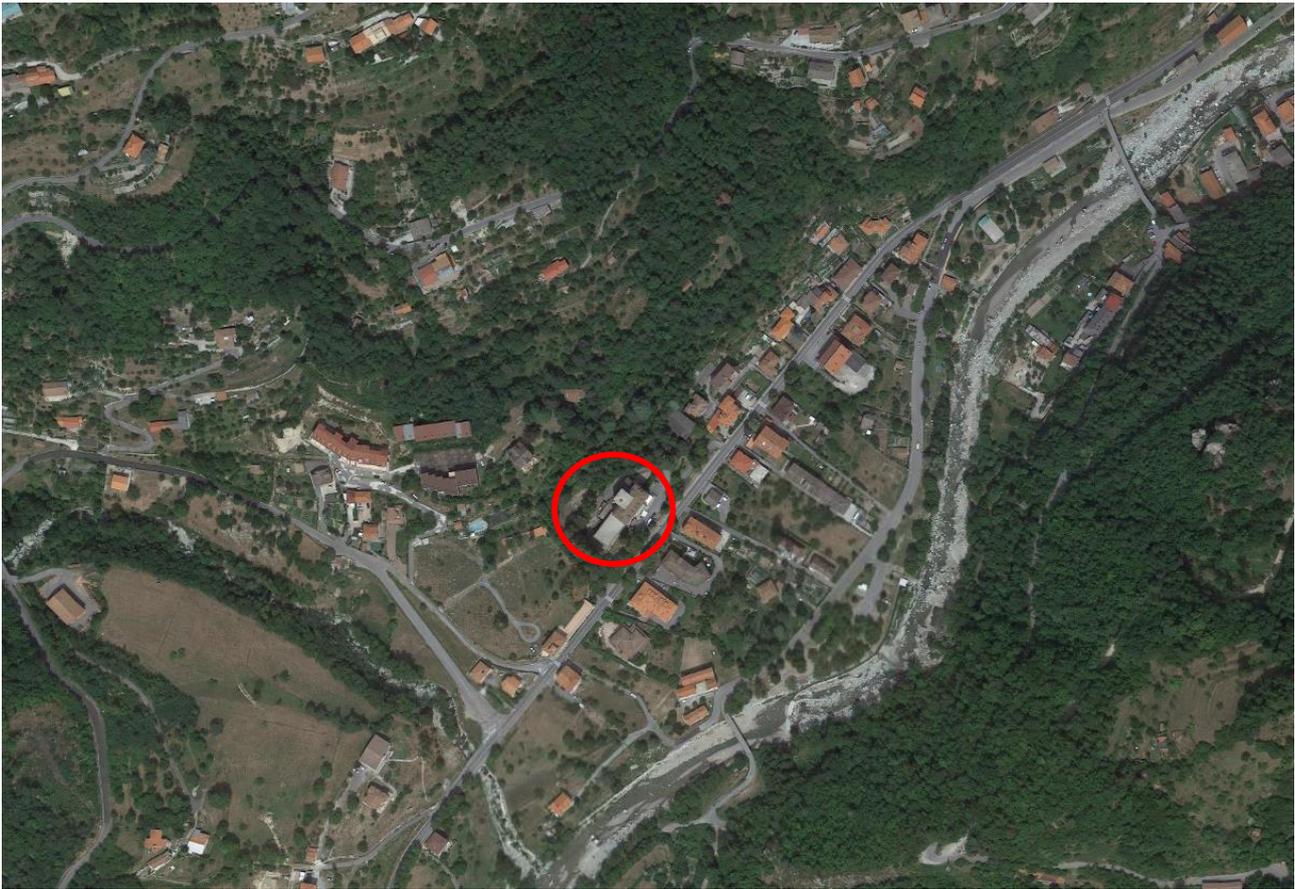


figura 2 - Localizzazione edificio oggetto di diagnosi

### 3-1-2 Dati climatici della località sulla quale insiste il sito

Nella seguente tabella e figura sono elencati e graficizzati i dati climatici di riferimento per il sito su cui insiste l'edificio oggetto di analisi energetica.

Comune	Ormea (CN)
Latitudine	44,15
Longitudine	7,92
Altezza s.l.m.	736 m s.l.m.
Zona climatica	F
GG convenzionali	3'122

tabella 9- Dati geografici e climatici del complesso oggetto di analisi

### 3-1-3 Anno di costruzione

L'edificio è adibito ad uso scolastico dal 1985, anno di fondazione della scuola. La realizzazione dell'edificio risale ai primi anni del '900 e successivamente sono stati realizzati gli ultimi due piani ospitanti le camere per gli studenti. Alcuni componenti sono stati oggetto di successiva modifica.

### 3-1-4 Ombreggiature e apporti solari

L'edificio scolastico risulta essere libero da ombreggiature di altri corpi di fabbrica, in quanto sono presenti solo edifici bassi, abbastanza lontani dal blocco edilizio di riferimento, ma è circondato da un parco di sequoie secolari che generano un po' di ombra all'edificio.

### 3-1-5 Destinazione d'uso

In accordo con l'articolo 3 del D.P.R. 412/93 la destinazione d'uso dell'edificio oggetto di diagnosi è la seguente: **E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (temperatura standard di set point 20 °C).**

### 3-1-6 Tipologia e tecnologia costruttiva del complesso

La struttura della scuola è costituita da una muratura in misto pietra per le parti più storiche e struttura intelaiata in c.a. per i piani aggiunti successivamente. Le strutture orizzontali portanti sono costituite da solai in latero cemento e travi in c.a. La copertura della scuola è costituita da un solaio inclinato in latero cemento poggiante su travi in c.a., con manto in tegole di laterizio.

Il pavimento contro terra è costituito da uno strato di ghiaia e calcestruzzo.

I serramenti sono costituiti da un telaio in legno e vetrocamera doppia. Sono presenti delle persiane in legno esterne. Solo i serramenti dell'ingresso al piano terra sono caratterizzati da telaio in alluminio e vetrocamera doppia.

Di seguito si riportano delle fotografie relative allo stato di fatto della scuola.



Figura 3 - Facciata principale



Figura 4 - Facciata principale



Figura 5 - Facciata posteriore



Figura 6 - Facciata posteriore



Figura 7 - Interni scolastici



Figura 8 - Terminali di riscaldamento



Figura 9 - Dettaglio infissi



Figura 10 - Dettaglio illuminazione



Figura 11 - Abbaini copertura



Figura 12 - Centrale termica

### 3-1-7 Determinazione delle trasmittanze

Le caratteristiche costruttive e materiche dei principali componenti costituenti l'involucro edilizio sono state desunte dalle informazioni reperite durante i sopralluoghi mediante l'utilizzo di strumentazione termoflussimetrica e dai riferimenti normativi tenendo conto della data di costruzione dell'edificio. Per i serramenti sono state effettuate delle verifiche mediante spessivetro per individuare lo spessore e le caratteristiche del vetro.

Di seguito si riporta un riepilogo delle strutture considerate e dei relativi valori di trasmittanza:

- Parete esterna in pietra sp. 70 cm:  $U=1,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- Parete esterna sp. 55 cm:  $U=0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- Solaio di base:  $U=2,99 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- Solaio di copertura piana:  $U= 1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- Copertura a falde:  $U= 1,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- Serramento con vetro doppio e telaio in legno:  $> 3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### 3-1-8 Numero di piani, volumetrie e superfici

Gli elaborati grafici esistenti sono stati verificati in fase di sopralluogo e da questi sono stati ricavati i valori di volume e di superficie che caratterizzano l'edificio riportati in sintesi di seguito.

Tipologia dato	Quantità
<b>Volume netto riscaldato</b>	11'187 m <sup>3</sup>
<b>Superficie calpestabile riscaldata</b>	2'971 m <sup>2</sup>
<b>Superficie disperdente opaca</b>	3'851 m <sup>2</sup>
<b>Superficie disperdente trasparente</b>	367m <sup>2</sup>
<b>Numeri di piani totali riscaldati</b>	6

tabella 10 - Dati caratteristici edificio

### 3-1-9 Tipologia di copertura e individuazione delle aree disponibili per l'installazione di sistemi solari termici e/o fotovoltaici

La copertura è a falde e composta da un solaio in laterocemento con finitura in tegole. La copertura della porzione più bassa è piana e caratterizzata da un ampio terrazzo fruibile. Gran parte della copertura a falde risulta essere totalmente libera da ingombri e ombre di edifici adiacenti. Una piccola porzione è occupata da un impianto solare termico non funzionante.

## 3-2 Sottosistema impianti

### 3-2-1 Sistemi di generazione

Di seguito si riportano le specifiche tecniche relative al sistema di generazione a servizio del complesso.

- Generatore a combustione alimentato a GPL a condensazione a basamento: "AVC modello Prestige Box F240P" con potenza utile nominale di 233,2 kW l'una e rendimento termico utile pari a 97,2%. La caldaia è ubicata nella centrale termica collocata in adiacenza alla scuola a livello del piano terreno con accesso indipendente ed è dedicata alla climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria.
- Caldaia a biomassa alimentata con cippato di legno a basamento con potenza utile di 280 kW. La caldaia è ubicata nella centrale termica collocata in adiacenza alla scuola a livello del piano terreno con accesso indipendente ed è dedicata alla climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria.

### 3-2-2 Sistemi di distribuzione

La distribuzione è del tipo verticale a colonne montanti ed è presente la coibentazione della rete principale.

Sono presenti cinque vasi di espansione chiusi delle seguenti capacità:

- 100 l;
- 18 l;
- 18 l;
- 8 l;
- 8 l.

Sono presenti 15 pompe di circolazione di potenza media compresa tra 65 e 680 W.

### 3-2-3 Ventilazione meccanica ed estrazione

Nell'edificio non sono presenti sistemi di ventilazione meccanica ed estrazione, ad eccezione del locale svago al piano seminterrato dove è allocata un'unità di trattamento aria.

### 3-2-4 Sistemi di regolazione

La caldaia installata in centrale termica viene gestita con semplice regolazione on-off a punto fisso sulla temperatura di mandata dell'acqua calda. È presente solo la regolazione di zona con controllo ON-OFF.

### 3-2-5 Sistemi di contabilizzazione del calore

Nell'edificio è presente un sistema di contabilizzazione del calore di riscaldamento e acqua calda sanitaria tramite un sistema diretto con contocalorie.

### 3-2-6 Prestazioni energetiche dei vari impianti con indicazione dei relativi consumi di combustibile e vettori energetici

I dati di consumo dei vettori energetici sono stati raccolti per gli anni 2014-2019 per il GPL e la biomassa e per gli ultimi tre anni per l'energia elettrica. I consumi medi annui calcolati per il complesso sono i seguenti:

- 6'091 l di GPL per il riscaldamento invernale e l'acqua calda sanitaria;
- 525 mc di cippato di legno per il riscaldamento invernale e l'acqua calda sanitaria;
- 77'900 kWh di energia elettrica per gli usi di illuminazione e forza motrice per le apparecchiature elettriche presenti all'interno, incluse le apparecchiature presenti nella cucina.

Per il dettaglio dei consumi si rimanda al paragrafo 3-2-12.

## 3-2-7 Apparecchiature elettriche installate

Durante il sopralluogo effettuato in data 21/10/2021 sono state rilevate le apparecchiature, relative al sistema di illuminazione e afferenti alle diverse attività, collegate alla rete elettrica per il complesso oggetto di analisi. Si riporta di seguito il dettaglio dei componenti e macchinari alimentati ad energia elettrica rilevati durante il sopralluogo con indicata la relativa potenza elettrica impegnata nelle condizioni di normale utilizzo e la categoria d'uso considerata.

Uso	Descrizione	Potenza elettrica [W]	Numero
clim.inv.	aerotermi	130	4
clim.inv.	stufe	1500	2
aux.inv.	pompa circolazione	110	1
aux.inv.	pompa circolazione	110	2
aux.inv.	pompa circolazione	175	2
aux.inv.	pompa circolazione	222	1
aux.inv.	pompa circolazione	222	1
aux.inv.	pompa circolazione	680	1
aux.inv.	pompa circolazione	499	1
aux.inv.	pompa circolazione	90,5	1
aux.inv.	pompa circolazione	185	1
aux.inv.	pompa circolazione	175	1
aux.inv.	pompa circolazione	115	1
aux.inv.	pompa circolazione	65	2
aux.inv.	Bruciatore aria soffiata	600	2
cucina	frigorifero a colonna	270	1
cucina	distributore automatico	1000	3
cucina	piastra induzione	1000	2
cucina	forno angelo po	19800	1
cucina	forno	8000	1
cucina	affettatrice	330	1
cucina	grattuggia	350	1
cucina	tritattutto	500	1
cucina	microonde	1050	1

<b>cucina</b>	lavastoviglie	6500	1
<b>cucina</b>	cappa angelo po	420	1
<b>cucina</b>	frigorifero a doppia porta	540	1
<b>cucina</b>	freezer	300	1
<b>altri usi</b>	pc	500	27
<b>altri usi</b>	schermo grosso	300	1
<b>altri usi</b>	lim	150	8
<b>altri usi</b>	stampante	100	2
<b>acs</b>	Boiler	1500	1
<b>illuminazione</b>	sala giochi PSI	756	1
<b>illuminazione</b>	cucina	432	1
<b>illuminazione</b>	sala pranzo	870	1
<b>illuminazione</b>	aule piano terra	464	5
<b>illuminazione</b>	corridoio piano terra	928	1
<b>illuminazione</b>	aule piano primo	696	10
<b>illuminazione</b>	Corridoio piano primo	928	1
<b>illuminazione</b>	Camere piano secondo	72	18
<b>illuminazione</b>	corridoio piano secondo e terzo	580	2
<b>illuminazione</b>	Camere sottotetto	72	8
<b>illuminazione</b>	Corridoio sottotetto	348	1
<b>illuminazione</b>	Wc sottotetto	36	4
<b>illuminazione</b>	Illuminazione locali accessori	500	1
<b>ascensori</b>	Ascensore	1000	1

**Tabella 11 - Elenco componenti elettrici e relative potenze**

### 3-2-8 Stato generale dell'isolamento termico della caldaia e dell'impianto di distribuzione

Le caldaie si presentano in un buono stato di conservazione mentre la rete di distribuzione presenta delle criticità.

### 3-2-9 Tipologia e potenza dei corpi scaldanti

L'emissione del calore nella scuola avviene tramite dei radiatori in ghisa in tutti i piani. Nel seminterrato sono presenti dei ventilconvettori.

### 3-2-10 Anomalie installative che compromettono l'efficienza del sistema edificio – impianto

Nel corso del sopralluogo sono state rilevate delle anomalie nelle configurazioni impiantistiche, alcune delle quali comportano una riduzione dell'efficienza globale del sistema edificio-impianto. In particolare si segnalano le seguenti:

- Alcune pompe di circolazione senza inverter;
- assenza di regolazione climatica dei singoli ambienti;
- rete di distribuzione critica;
- involucro poco performante.

### 3-2-11 Orari di accensione dei diversi impianti di climatizzazione

Il profilo settimanale di utilizzo è costante durante la stagione di riscaldamento e trattandosi di edificio ubicato in zona climatica F, non vi è alcun limite all'accensione degli impianti.

### 3-2-12 Andamento dei consumi

In **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. si riporta il dettaglio dei consumi mensili dell'energia elettrica relativo agli anni 2019-2020-2021.

Elettricità			
	2019	2020	2021
	kWh	kWh	kWh
<b>Gennaio</b>	9044	8170	6668
<b>Febbraio</b>	8942	6328	6534
<b>Marzo</b>	7647	3863	5186
<b>Aprile</b>	8344	2714	6714
<b>Maggio</b>	7994	2805	6313
<b>Giugno</b>	4342	3030	4313
<b>Luglio</b>	4244	2960	4313
<b>Agosto</b>	3029	2956	5108
<b>Settembre</b>	5568	4690	4889

<b>Ottobre</b>	7626	7473	7626
<b>Novembre</b>	7711	5993	7318
<b>Dicembre</b>	7381	6437	8947
<b>Totale</b>	81872	57419	73929

Tabella 12 - Valori mensili dei consumi di energia elettrica per gli anni 2019-2020-2021

GPL						
Anno	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	1	1	1	1	1	1
<b>Totale</b>	5500	5250	4500	9100	8200	4000

Tabella 13 - Valori annuali dei consumi di GPL per gli anni 2014-2019

Cippato	
Anno	tipo
	mc
<b>Totale</b>	5500

Tabella 14 - Valore annuale dei consumi di cippato

I modelli energetici sono stati tarati sulla media dei consumi analizzati per quanto riguarda i vettori energetici relativi al riscaldamento. Per quanto riguarda l'energia elettrica invece si è preferito escludere l'anno 2020 dal calcolo del valore medio poiché i consumi sono stati influenzati dall'emergenza dovuta al Covid-19. In particolare, in tabella 15 si può notare come la spesa economica sia maggiore per l'approvvigionamento del cippato.

La ripartizione è rappresentata in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Media consumi			
<b>Energia elettrica</b>	[€]	13'792	38%
<b>GPL</b>	[€]	3'655	10%
<b>Cippato</b>	[€]	19'215	52%
<b>Totale</b>	[€]	36'662	100%

tabella 15 - Spesa energetica per gli anni di riferimento

## 4 REPORT ANALISI DEI DATI

### 4-1 Descrizione e bilancio termico dell'involucro

Il bilancio energetico di involucro è calcolato con metodo A3 (tailored rating) con riferimento al metodo riportato nella UNI TS 11300. Il grafico mette a confronto le componenti di energia che determinano il bilancio nei periodi di riscaldamento e raffrescamento: dispersioni per trasmissione e ventilazione, apporti solari e apporti interni. Per la determinazione del bilancio sono state considerate le caratteristiche del sistema edificio-impianto descritti nei precedenti paragrafi.

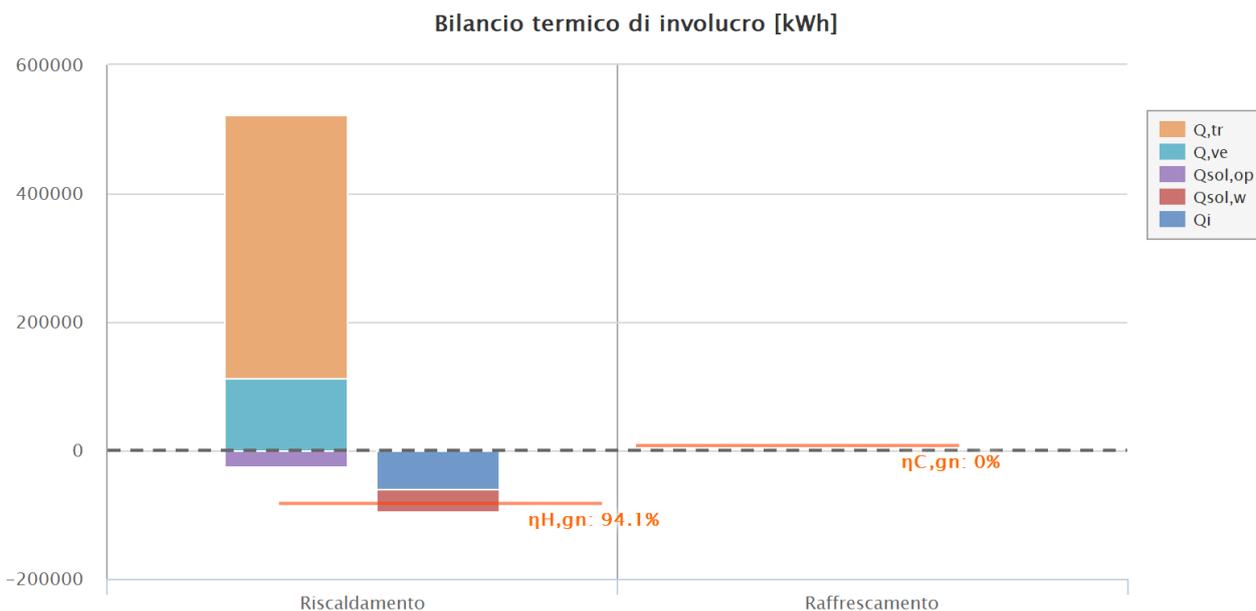


Figura 13 - Bilancio termico d'involucro

### 4-2 Dati climatici e condizioni reali di utilizzo

I dati climatici differiscono in base alla località. La norma UNI 10349 fornisce, per il territorio italiano, dati climatici convenzionali, utili nella redazione degli attestati di prestazione energetica e per le diagnosi nella fase di normalizzazione dei consumi. Per la validazione del modello del sistema edificio-impianto, invece, è opportuno tenere conto dei dati climatici reali misurati nella località in esame e, in particolare, considerare nei calcoli la media delle temperature effettive degli anni considerati nel calcolo del consumo di riferimento. Per ottenere i valori di temperature reali è necessario rivolgersi a database meteo di enti pubblici locali e impostare tali valori sul modello, in modo da simulare una situazione più realistica possibile.

#### 4-2-1 Dati climatici reali

Il risultato è stato quindi "corretto" sulla base delle caratteristiche climatiche locali, ossia secondo quanto desumibile dalle centraline climatiche locali.

Mese	T Standard [°C]
Gennaio	6,20
Febbraio	5,10

Marzo	8,30
Aprile	10,90
Maggio	13,20
Giugno	17,60
Luglio	20,10
Agosto	20,20
Settembre	18,20
Ottobre	14,70
Novembre	11,00
Dicembre	7,10

Tabella 16 - Dati climatici reali

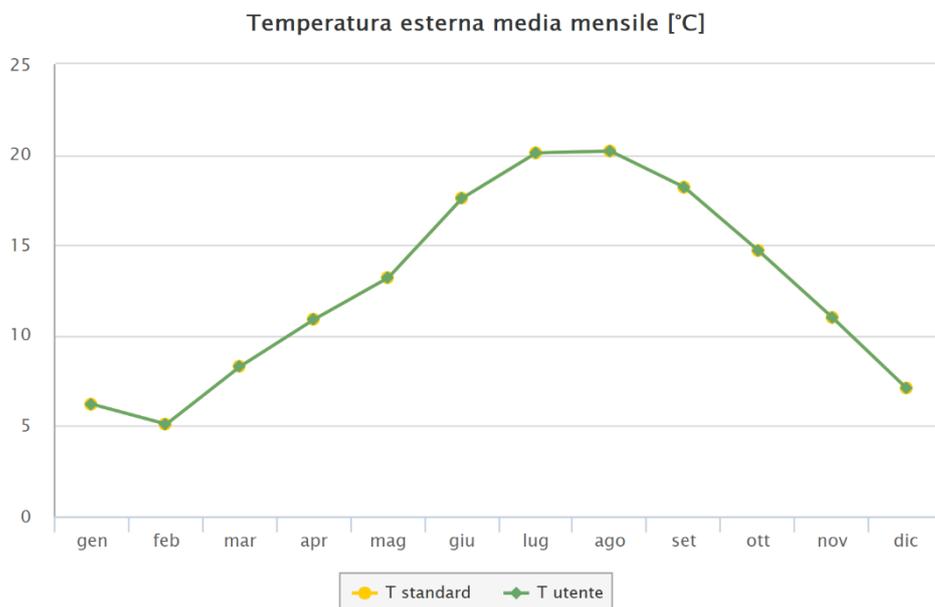


Figura 14 - Andamento della temperatura esterna media mensile

### 4-3 Ricostruzione dei bilanci energetici

Il D.Lgs 115/2008 e successivamente il DM 26 giugno 2009 hanno identificato nella UNI TS 11300 la metodologia di calcolo minima adottabile a livello nazionale per la valutazione della prestazione energetica degli edifici. Peraltro tale approccio è solo il minimo richiesto e non permette una adeguata modellazione dei profili orari di funzionamento ed una conseguente ottimale taratura del modello rispetto ai consumi reali. Pertanto, **per una ottimale e migliore ricostruzione dei bilanci energetici e per simulare il comportamento dell'edificio su base oraria, si è utilizzato il software di analisi energetica dinamica, in tal modo è stato possibile effettuare analisi:**

- su base oraria, con profili orari di condizioni esterne e profili orari di utilizzo e di condizioni interne alla struttura;
- su un modello architettonico realistico con ricostruite le caratteristiche termiche degli involucri;
- modellando tutti gli elementi impiantistici presenti asserviti alla climatizzazione, alla produzione di acqua calda sanitaria e all'illuminazione oltre che simulare le logiche di regolazione e controllo.

I risultati ottenuti dalla valutazione della prestazione energetica dell'edificio sono riportati nella seguente tabella:

<b>Consumi elettrici</b>	<b>Energia elettrica</b> [kWh/anno]	<b>Energia primaria</b> [kWh/anno]
<b>Climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria compresi ausiliari</b>	782,04	1'892,54
<b>Illuminazione</b>	76'971,45	186'270,91
<b>Dispositivi elettrici</b>	1'151,15	2'785,78
<b>TOTALE</b>	78'904,64	190'949,23

tabella 17 - Ripartizione consumi elettrici ed energia primaria

<b>Consumi termici</b>	<b>Energia termica</b> [kWh/anno]	<b>Energia primaria</b> [kWh/anno]
<b>Climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria</b>	623'390,59	625'707,25
<b>TOTALE</b>	623'390,59	625'707,25

tabella 18 - Ripartizione consumi termici ed energia primaria

Come si può osservare la convergenza dei risultati del modello di calcolo rispetto ai consumi reali è eccellente (maggiore del 95% per tutti i vettori energetici considerati). Pertanto il modello è stato utilizzato per tutte le valutazioni degli interventi di risparmio, con la certezza di ottenere risultati del tutto affidabili.

## 5 ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

La ricostruzione dei consumi energetici della scuola comunale ha evidenziato come la principale categoria di consumo della struttura sia da identificarsi nei consumi relativi alla climatizzazione invernale della scuola.

In fase di valutazione delle opportunità di efficientamento energetico, si è pensato quindi di intervenire in tale settore prevedendo prima di tutto un aumento delle performance dell'involucro, attualmente particolarmente disperdente, e un intervento sull'impianto termico per aumentarne l'efficienza energetica e di conseguenza ridurre i consumi.

Gli interventi, modellati anch'essi tramite software di simulazione dinamica, combinati anche con l'autoproduzione di energia elettrica, offrono effettivamente eccezionali opportunità di efficientamento energetico. Nel paragrafo seguente questi sono valutati dal punto di vista tecnico-economico.

### 5-1 Calibrazione del sistema edificio impianto

Alla costruzione del modello di simulazione del sistema edificio-impianto segue la sua validazione, attraverso il confronto tra i consumi operativi e quelli effettivi, ricavati a partire dalle bollette. Per confrontare i consumi ottenuti dal modello energetico con quelli effettivi sarà fondamentale:

- Conoscere le condizioni termoigrometriche esterne relative agli anni i cui consumi sono stati utilizzati per calcolare il consumo di riferimento;
- Conoscere i profili di utilizzo del sistema edificio-impianto degli stessi anni.

La simulazione del sistema edificio-impianto, in fase di validazione, deve riferirsi infatti alle condizioni termoigrometriche reali (media delle temperature degli stessi anni utilizzati per il calcolo del consumo di riferimento) e agli effettivi profili di utilizzo.

Affinché si possa ritenere accettabile, lo scostamento tra i consumi operativi  $C_o$  e i consumi effettivi  $C_e$  deve essere al massimo del +/- 5%.

$$-0,05 \leq \frac{C_o - C_e}{C_e} \leq 0,05$$

Lo scostamento massimo, o "margine d'incertezza", deve essere definito in fase di contatto preliminare in funzione dei dati disponibili e del livello di approfondimento richiesto. In particolari situazioni, qualora la caratterizzazione del sistema edificio impianto si basi su dati non certi (stratigrafie ipotizzate, mancanza di misurazioni...), potrà essere

stabilito uno scostamento maggiore del +/- 5%, ma comunque contenuto nel doppio del limite da normativa (+/- 10%):

$$-0,1 \leq \frac{C_o - C_e}{C_e} \leq 0,1$$

Se si superano tali valori, è necessario verificare la correttezza del modello di simulazione del sistema edificio-impianto, o dei fattori di aggiustamento applicati ai consumi da bolletta, e apportare le modifiche opportune. Si noti che, finché il modello non risulta validato, non è possibile procedere alle fasi successive della diagnosi. Si riporta, come esempio, un grafico che mette a confronto i consumi effettivi e quelli calcolati tramite simulazione, consumi tra i quali emerge uno scostamento complessivo inferiore al 5%: il modello risulta validato e potrà quindi costituire la base per la valutazione degli interventi di riqualificazione energetica.

## 5-2 Simulazione dinamica tramite software

Con l'utilizzo del **software di simulazione dinamica** è stato possibile simulare la situazione dell'ante operam e confrontarla con quella post operam per valutarne i possibili risparmi in termini energetici. In figura 17 è rappresentato il modello geometrico su cui si basano le simulazioni effettuate.



figura 15 - Modello geometrico realizzato per l'analisi dei consumi



Figura 16 - Modello geometrico realizzato per l'analisi dei consumi

Mediante tale software è stato possibile dettagliare le seguenti informazioni:

- Caratteristiche dell'involucro edilizio;
- Dotazioni impiantistiche dettagliate;
- Caratterizzazione dei profili di utilizzo della struttura e degli impianti di climatizzazione;
- Caratterizzazione degli apporti interni dell'edificio;
- Implementazione dell'impianto fotovoltaico.

Avendo caratterizzato l'edificio con le informazioni relative alle modifiche apportate dagli interventi è stato possibile ricavare i dati relativi ai nuovi consumi energetici.

Di seguito sono riportati alcuni dei grafici ricavati dalla simulazione annuale su base oraria della situazione post intervento, dove sulle ascisse sono riportati i giorni da gennaio a dicembre e sulle ordinate i parametri caratteristici ad ogni grafico.

### 5-3 Proposte di intervento

Per quanto riguarda le proposte di intervento, si è scelto di considerare delle soluzioni caratterizzate da più azioni integrate tra loro che consentono dei risparmi maggiori rispetto agli interventi considerati singolarmente. Inoltre anche la fattibilità tecnica migliora poiché alcuni interventi che singolarmente non sono proponibili lo diventano se realizzati congiuntamente con altri. Più nel dettaglio gli interventi che si considerano combinati tra loro sono i seguenti:

- **isolamento esterno dell'involucro opaco ad eccezione della facciata non principale;**
- **isolamento della copertura;**
- **sostituzione degli infissi;**
- **integrazione del sistema di generazione di calore con pompa di calore alimentata da sonde geotermiche e dismissione dell'impianto a GPL;**
- **installazione di pompe di calore per la produzione di acqua calda sanitaria;**
- **integrazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica;**
- **sostituzione dei corpi illuminanti con tecnologia LED.**

Si riportano di seguito le specifiche relative ai singoli interventi e allo scenario complessivo.

#### 5-3-1 Isolamento dell'involucro opaco

Si prevede la realizzazione di un isolamento dell'involucro tramite un cappotto esterno in poliuretano tipo Stiferite. Questo, caratterizzato da uno spessore da 14 cm verrà aggiunto a tutte le pareti verticali in pietra ad esclusione della facciata principale. Lo stesso materiale, con lo spessore da 12 cm verrà aggiunto a tutte le pareti in cassa vuota e alle pareti del sottotetto. Lo stesso materiale di analogo spessore verrà aggiunto per isolare il solaio di base. Per quanto riguarda la copertura sia piana che a falde, verrà integrato un materiale isolante in poliuretano da 14 cm dall'esterno previa rimozione delle tegole ove presenti.

Di seguito si riportano le specifiche in merito alla dimensione e costi stimati dell'intervento.

Struttura	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza U Iniziale [W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza U Finale [W/m <sup>2</sup> K]	Costo Totale [€]
-----------	------------------------------	--	--	------------------

Parete esterna cassavuota_55cm_int	387,46	0,63	0,16	38.745,72
Parete esterna in pietra_int	1.560,79	1,51	0,16	117.059,20
Parete sottotetto_int	209,00	2,15	0,19	20.899,88
Copertura a falde_int	479,04	1,95	0,15	71.855,82
Copertura piana_int	485,13	1,59	0,14	63.066,34

Si riportano di seguito i dettagli relativi ai consumi per vettore energetico e il tempo di ritorno dell'intervento.

#### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Biomassa solida	kg	155.957,7	46.273,5	109.684,2	70,3 %
Energia elettrica	kWh	78.904,6	78.914,7	-10,1	0,0 %
GPL	m3	3.619,2	3.619,2	0	-

#### Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>311.626,9</b>
Risparmio annuo	€	<b>27.419,0</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>11,4</b>
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	<b>6,8</b>

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



Si riportano di seguito i dettagli relativi al fabbisogno di energia termica per riscaldamento e al fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale.

#### 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	410.113,8	130.804,2	279.309,6	68,1 %	Fabbisogno di energia termica per trasmissione
QH,ve	kWh	111.408,5	111.408,5	0	-	Fabbisogno di energia termica per ventilazione
Qsol,op	kWh	25.759,3	2.647,3	23.112,0	89,7 %	Apporti solari sulle superfici opache in riscaldamento
Qsol,w	kWh	35.393,6	35.393,6	0	-	Apporti solari sulle superfici trasparenti in riscaldamento
Qint	kWh	60.459,5	60.459,5	0	-	Apporti interni in riscaldamento
QH,nd	kWh	431.371,9	154.712,7	276.659,2	64,1 %	Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento

**Dettagli di calcolo - Impianto: fabbisogno di energia primaria**

**Climatizzazione invernale**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPH,ren	kWh/m <sup>2</sup>	155,5	46,2	-109,3	-70,3 %	Indice di prestazione rinnovabile per riscaldamento
EPH,nren	kWh/m <sup>2</sup>	55,7	28,3	27,4	49,2 %	Indice di prestazione non rinnovabile per riscaldamento
EPH,tot	kWh/m <sup>2</sup>	211,2	74,6	136,6	64,7 %	Indice di prestazione totale per riscaldamento
ηH,nren	-	2,609	1,837	-0,772	-29,6 %	Efficienza globale stagionale di riscaldamento
QR,H	%	73,6	62,0	-11,6	-15,8 %	Quota rinnovabile per riscaldamento

**5-3-2 Sostituzione dei serramenti esterni**

Si prevede la sostituzione degli attuali infissi della scuola con dei nuovi più performanti caratterizzati da un vetro triplo basso emissivo con telaio in legno e trasmittanza inferiore a 1 W/m<sup>2</sup>K.

Si riportano di seguito i dettagli relativi ai consumi per vettore energetico e il tempo di ritorno dell'intervento.

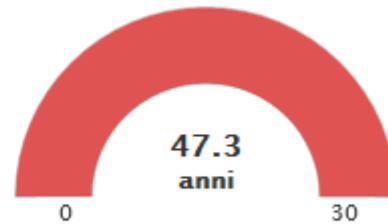
**Consumi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Biomassa solida	kg	155.957,7	137.127,3	18.830,5	12,1 %
Energia elettrica	kWh	78.904,6	78.906,4	-1,8	0,0 %
GPL	m <sup>3</sup>	3.619,2	3.619,2	0	-

**Tempo di ritorno**

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>222.486,2</b>
Risparmio annuo	€	<b>4.707,3</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>47,3</b>
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	<b>1,2</b>

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



Si riportano di seguito i dettagli relativi al fabbisogno di energia termica per riscaldamento e al fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale.

**Fabbisogni di energia termica per riscaldamento**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
QH,tr	kWh	410.113,8	361.659,2	48.454,6	11,8 %	Fabbisogno di energia termica per trasmissione
QH,ve	kWh	111.408,5	111.408,5	0	-	Fabbisogno di energia termica per ventilazione
Qsol,op	kWh	25.759,3	25.759,3	0	-	Apporti solari sulle superfici opache in riscaldamento
Qsol,w	kWh	35.393,6	35.393,6	0	-	Apporti solari sulle superfici trasparenti in riscaldamento
Qint	kWh	60.459,5	60.459,5	0	-	Apporti interni in riscaldamento
QH,nd	kWh	431.371,9	383.189,6	48.182,3	11,2 %	Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento

**Dettagli di calcolo - Impianto: fabbisogno di energia primaria**

**Climatizzazione invernale**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPH,ren	kWh/m <sup>2</sup>	155,5	136,8	-18,7	-12,0 %	Indice di prestazione rinnovabile per riscaldamento
EPH,nren	kWh/m <sup>2</sup>	55,7	51,0	4,7	8,4 %	Indice di prestazione non rinnovabile per riscaldamento
EPH,tot	kWh/m <sup>2</sup>	211,2	187,7	23,5	11,1 %	Indice di prestazione totale per riscaldamento
ηH,nren	-	2,609	2,531	-0,078	-3,0 %	Efficienza globale stagionale di riscaldamento
QR,H	%	73,6	72,8	-0,8	-1,1 %	Quota rinnovabile per riscaldamento

### 5-3-3 Relamping interno

Si prevede la sostituzione delle lampade interne fluorescenti con delle nuove a LED più performanti caratterizzate da un'efficienza luminosa superiore a 110 lm/W. Le lampade scelte consentiranno di dimezzare la potenza attualmente installata.

Si riportano di seguito i dettagli relativi ai consumi per vettore energetico e il tempo di ritorno dell'intervento.

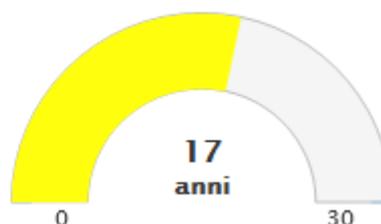
#### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Biomassa solida	kg	155.957,7	155.957,7	0	-
Energia elettrica	kWh	78.904,6	64.222,2	14.682,4	18,6 %
GPL	m3	3.619,2	3.619,2	0	-

#### Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>50.000,0</b>
Risparmio annuo	€	<b>2.936,5</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>17,0</b>
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	<b>4,4</b>

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



Si riportano di seguito i dettagli relativi al fabbisogno di energia primaria per l'illuminazione.

#### Illuminazione

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPL,ren	kWh/m <sup>2</sup>	12,2	9,9	-2,3	-18,9 %	Indice di prestazione rinnovabile per illuminazione
EPL,nren	kWh/m <sup>2</sup>	50,5	40,9	9,6	19,0 %	Indice di prestazione non rinnovabile per illuminazione
EPL,tot	kWh/m <sup>2</sup>	62,7	50,7	12,0	19,1 %	Indice di prestazione totale per ventilazione

### 5-3-4 Impianto fotovoltaico

È prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica integrati sulla copertura della scuola sulla falda con esposizione a Sud-Est. Si prevede l'installazione di una potenza minima di 25 kW.

I pannelli saranno tipo Sunpower, con celle monocristalline e potenza nominale del singolo pannello di 400 W, corrispondente a 200 W/mq.

Si riportano di seguito i dettagli relativi ai consumi per vettore energetico e il tempo di ritorno dell'intervento.

#### Costi e consumi

##### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Biomassa solida	kg	155.957,7	155.957,7	0	-
Energia elettrica	kWh	78.904,6	49.832,7	29.071,9	36,8 %
GPL	m3	3.619,2	3.619,2	0	-

**Tempo di ritorno**

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>46.000,0</b>
Risparmio annuo	€	<b>5.814,4</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>7,9</b>
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	<b>8,7</b>

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



Si riportano di seguito i dettagli relativi al fabbisogno di energia primaria totale.

**Energia primaria globale**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPgl,ren	kWh/m <sup>2</sup>	167,9	173,1	5,2	3,1 %	Indice di prestazione globale rinnovabile
EPgl,nren	kWh/m <sup>2</sup>	107,0	87,9	19,1	17,9 %	Indice di prestazione globale non rinnovabile
EPgl,tot	kWh/m <sup>2</sup>	274,9	261,0	13,9	5,1 %	Indice di prestazione globale dell'edificio
QR,HWC	%	73,6	73,7	0,1	0,1 %	Quota rinnovabile per risc., acs e raff.

**5-3-5 Integrazione di un sistema a pompa di calore per la climatizzazione invernale e l'acs.**

È prevista l'integrazione del generatore di calore a biomassa con una pompa di calore geotermica con sonde a scambio con il terreno. La pompa di calore sarà caratterizzata da COP >5.

Il sistema di generazione scelto è compatibile con l'attuale sistema di distribuzione ed emissione di tipo radiativo.

Alla sostituzione del generatore si accompagna inoltre la sostituzione del sistema di distribuzione con l'installazione di adeguate reti e tubazioni, la sostituzione delle attuali pompe di circolazione, l'integrazione dell'isolamento del sistema di distribuzione, la predisposizione di adeguati strumenti di regolazione e controllo e l'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione.

Contestualmente si prevede l'installazione di pompe di calore ad aria per la produzione di acqua calda sanitaria nei vari blocchi bagno funzionale ai fabbisogni della scuola.

Si riportano di seguito i dettagli relativi ai consumi per vettore energetico e il tempo di ritorno dell'intervento.

**Consumi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Biomassa solida	kg	155.957,7	59.820,5	96.137,2	61,6 %
Energia elettrica	kWh	78.904,6	159.995,5	-81.090,9	-102,8 %
GPL	m <sup>3</sup>	3.619,2	0,0	3.619,2	100,0 %

**Tempo di ritorno**

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>25.000,0</b>
Risparmio annuo	€	<b>28.083,5</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>0,9</b>
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	<b>-2,8</b>

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



Si riportano di seguito i dettagli relativi al fabbisogno di energia primaria totale.

## Energia primaria globale

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPgl,ren	kWh/m <sup>2</sup>	167,9	172,1	4,2	2,5 %	Indice di prestazione globale rinnovabile
EPgl,nren	kWh/m <sup>2</sup>	107,0	119,9	-12,9	-12,1 %	Indice di prestazione globale non rinnovabile
EPgl,tot	kWh/m <sup>2</sup>	274,9	292,0	-17,1	-6,2 %	Indice di prestazione globale dell'edificio
QR,HWC	%	73,6	69,9	-3,7	-5,0 %	Quota rinnovabile per risc., acs e raff.

## 5-3-6 Scenario collettivo

Si considera come scenario collettivo la soluzione progettuale comprensiva di tutti gli interventi precedentemente descritti.

Si riportano di seguito i dettagli relativi al fabbisogno di energia termica.

### Fabbisogni di energia termica per riscaldamento

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
QH,tr	kWh	410.113,8	82.349,5	327.764,3	79,9 %	Fabbisogno di energia termica per trasmissione
QH,ve	kWh	111.408,5	111.408,5	0	-	Fabbisogno di energia termica per ventilazione
Qsol,op	kWh	25.759,3	2.647,3	23.112,0	89,7 %	Apporti solari sulle superfici opache in riscaldamento
Qsol,w	kWh	35.393,6	35.393,6	0	-	Apporti solari sulle superfici trasparenti in riscaldamento
Qint	kWh	60.459,5	60.459,5	0	-	Apporti interni in riscaldamento
QH,nd	kWh	431.371,9	107.821,6	323.550,3	75,0 %	Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento

### Fabbisogni di energia termica per raffrescamento

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
QC,tr	kWh	0,0	19.810,9	-19.810,9	-	Fabbisogno di energia termica per trasmissione
QC,ve	kWh	0,0	27.671,0	-27.671,0	-	Fabbisogno di energia termica per ventilazione
Qsol,op	kWh	0,0	2.088,9	-2.088,9	-	Apporti solari sulle superfici opache in raffrescamento
Qsol,w	kWh	0,0	27.245,2	-27.245,2	-	Apporti solari sulle superfici trasparenti in raffrescamento
Qint	kWh	0,0	27.377,9	-27.377,9	-	Apporti interni in raffrescamento
QC,nd	kWh	0,0	11.481,6	-11.481,6	-	Fabbisogno di energia termica per il raffrescamento

### Fabbisogni di energia termica per ACS

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
QW	kWh	173,6	173,6	0	-	Fabbisogno di energia termica per ACS

### Fabbisogni di energia termica e dettagli di involucro

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPH,nd	kWh/m <sup>2</sup>	145,2	36,3	108,9	75,0 %	Indice di prestazione termica utile di riscaldamento
EPC,nd	kWh/m <sup>2</sup>	0,0	3,9	-3,9	-	Indice di prestazione termica utile di raffrescamento
EPW,nd	kWh/m <sup>2</sup>	0,1	0,1	0	-	Indice di prestazione termica utile di acs
Asol est/A sup utile	-	0,014	0,014	0	-	Area solare estiva equivalente
YIE	W/m <sup>2</sup> K	0,31	0,01	0,30	96,8 %	Trasmittanza termica periodica media

Si riportano di seguito i dettagli relativi al fabbisogno di energia primaria.

## Climatizzazione invernale

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPH <sub>ren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	155,5	34,4	-121,1	-77,9 %	Indice di prestazione rinnovabile per riscaldamento
EPH <sub>nren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	55,7	12,2	43,5	78,1 %	Indice di prestazione non rinnovabile per riscaldamento
EPH <sub>tot</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	211,2	46,6	164,6	77,9 %	Indice di prestazione totale per riscaldamento
ηH <sub>nren</sub>	-	2,609	2,980	0,371	14,2 %	Efficienza globale stagionale di riscaldamento
QR <sub>H</sub>	%	73,6	73,9	0,3	0,4 %	Quota rinnovabile per riscaldamento

## Acqua calda sanitaria

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPW <sub>ren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	0,0	0,1	0,1	-	Indice di prestazione rinnovabile per ACS
EPW <sub>nren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	0,1	0,0	0,1	100,0 %	Indice di prestazione non rinnovabile per ACS
EPW <sub>tot</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	0,1	0,1	0	-	Indice di prestazione totale per ACS
ηW <sub>nren</sub>	-	0,727	2,128	1,401	192,7 %	Efficienza globale stagionale di ACS
QR <sub>W</sub>	%	0,7	68,6	67,9	9.700,0 %	Quota rinnovabile per ACS

## Illuminazione

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPL <sub>ren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	12,2	14,1	1,9	15,6 %	Indice di prestazione rinnovabile per illuminazione
EPL <sub>nren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	50,5	25,3	25,2	49,9 %	Indice di prestazione non rinnovabile per illuminazione
EPL <sub>tot</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	62,7	39,4	23,3	37,2 %	Indice di prestazione totale per ventilazione

## Trasporto

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPT <sub>ren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	0,2	0,3	0,1	50,0 %	Indice di prestazione rinnovabile per trasporto
EPT <sub>nren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	0,8	0,4	0,4	50,0 %	Indice di prestazione non rinnovabile per trasporto
EPT <sub>tot</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	0,9	0,7	0,2	22,2 %	Indice di prestazione totale per trasporto

## Energia primaria globale

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %	Legenda
EPgl <sub>ren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	167,9	48,8	-119,1	-70,9 %	Indice di prestazione globale rinnovabile
EPgl <sub>nren</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	107,0	37,9	69,1	64,6 %	Indice di prestazione globale non rinnovabile
EPgl <sub>tot</sub>	kWh/m <sup>2</sup>	274,9	86,7	188,2	68,5 %	Indice di prestazione globale dell'edificio
QR <sub>HWC</sub>	%	73,6	73,8	0,2	0,3 %	Quota rinnovabile per risc., acs e raff.

## Valutazioni economiche ed energetiche

Si sottolinea, come già indicato in precedenza, che il modello realizzato con il software di simulazione dinamica è stato calibrato in modo molto fine rispetto ai consumi ricavati dalle bollette (convergenza del modello rispetto allo stato di fatto superiore al 95%).

Vista la precisione del modello, pertanto, i risultati seguenti, energetici ed economici, sono stati ricavati sulla base del confronto tra il modello dinamico dello stato di fatto e il modello dinamico dello stato di progetto.

Si noti che i valori energetici di seguito riportati sono espressi in energia primaria.

## Risultati delle valutazioni energetiche in ENERGIA PRIMARIA TOTALE

	<b>kWh EP<sub>tot</sub></b>
Consumi ante operam (vedi tabella 18 e tabella19), di cui	816'657 kWh
Consumi elettrici	189'057
Consumi termici	625'708

Consumi post operam	256'397
Consumi elettrici	119'137
Consumi termici	137'260
<b><u>Risparmio energetico</u></b>	<b><u>560'260-&gt; 68,6%</u></b>

**Risultati delle valutazioni economiche**

Valore economico energia ante operam	39'440 €
Valore economico energia post operam	22'249 €
<b><u>Risparmio economico ottenibile</u></b>	<b><u>17'191 €</u></b>

**Indicatori economici di costi-benefici**

a- Investimento:

655'113 € (I)

b- Flusso di cassa

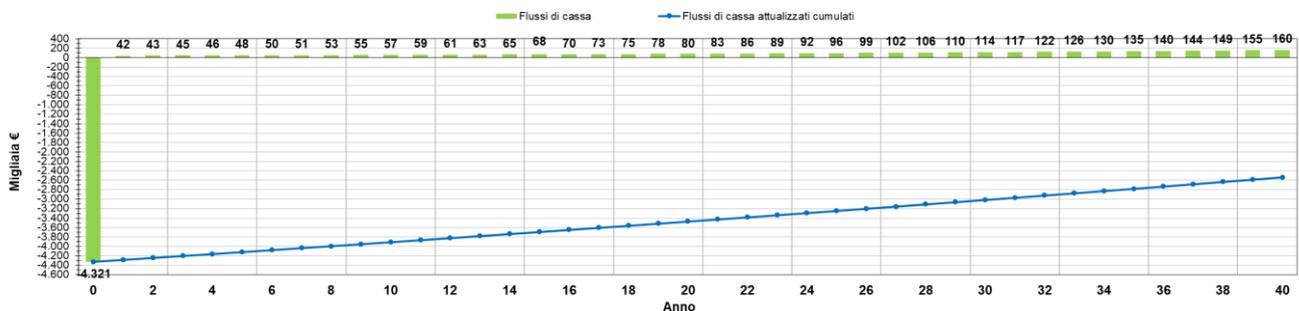


Figura 17 - Tempo di ritorno dell'investimento

c- Risparmio

37'045 €

d- Tempo di ritorno dell'investimento (TR)

19 anni

e- TIR

4,5 %

f- VAN

740'087 €

*g- VAN/I*  
1,13

## 6 CONCLUSIONI

In conclusione dalla Diagnosi Energetica svolta sulla scuola di Ormea è possibile trarre le seguenti informazioni:

- il vettore energetico maggiormente utilizzato nella struttura è il cippato per la climatizzazione invernale della scuola;
- altri consumi significativi sono rappresentati dall'energia elettrica impiegata per l'illuminazione della scuola tramite lampade obsolete a fluorescenza;
- gli interventi di efficientamento proposti sul sistema edificio-impianto garantiscono elevate opportunità di risparmio energetico ma non un risparmio economico. Le specifiche dettagliate degli interventi proposti sono riportate al paragrafo 5.2.