



## Programma Operativo Regionale FESR 2014-2020

ASSE PRIORITARIO 4 - ENERGIA SOSTENIBILE E MOBILITÀ

DIREZIONE REGIONALE INFRASTRUTTURE, AMBIENTE E POLITICHE ABITATIVE

DI CONCERTO CON

DIREZIONE REGIONALE

PER LO SVILUPPO ECONOMICO E LE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

**CALL FOR PROPOSAL**

**"ENERGIA SOSTENIBILE 2.0"**

INVESTIRE SUGLI EDIFICI PUBBLICI PER MIGLIORARE LA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA ED AMBIENTALE ATTRAVERSO INTERVENTI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA E L'INCREMENTO DELL'USO DELLE ENERGIE RINNOVABILI



MARCO RINALDI  
Cert. N. XPERT-EGE/15/2567  
EGE-UNI 11339 | DM 102/2014  
Settori Civile e Industriale

### DIAGNOSI ENERGETICA

DATI EDIFICIO

NOME:

Scuola Elementare e Materna "Virgili"

SITO IN:

**COMUNE DI RONCIGLIONE**

Via delle Vigne, 01037 VT

PROTOCOLLO DOSSIER:

LI-ES2-20160108-2620312



RELAZIONE N°

DE\_312

SCALA

-

DATA DI  
EMISSIONE

11/05/2017

FILE

312\_RONCIGLIONE.pdf

**AUDITOR : ING. MARCO RINALDI**

Ingegnere Industriale A-729 (Ordine Ingegneri di Rieti)

Esperto Gestione Energia

Settore Civile e Industriale XPERT/15/2567 (Accredia)



## Sommario

1	PREMESSA.....	3
1.1	Obiettivi e Finalità .....	3
1.2	Metodologia e Strumenti di Analisi.....	3
1.3	Responsabile della Diagnosi Energetica .....	3
2	METODOLOGIA DI ANALISI.....	4
2.1	Fasi della Diagnosi.....	4
2.2	FASE 1: Raccolta Dati del sistema Edificio-Impianto .....	4
2.3	FASE 2: Modellazione del sistema edificio impianto e validazione del modello .....	7
2.4	FASE 3: Valutazione energetica della struttura mediante confronto con indici di riferimento.....	11
2.5	FASE 4: Individuazione degli interventi di efficientamento.....	14
3	ANALISI DELLO STATO ATTUALE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO .....	15
3.1	Dati generali.....	15
3.2	Descrizione della struttura .....	16
3.3	Caratteristiche impiantistiche .....	18
4	PROFILI DI UTILIZZO E VALUTAZIONE DEL COMFORT .....	20
5	ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI .....	22
6	INDICE DI CONGRUITA'.....	23
7	ANALISI DEGLI INDICI DI BENCHMARK.....	24
8	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA .....	26
8.1	Interventi impianti .....	26
8.1.1	Sostituzione della caldaia esistente con caldaie modulari a condensazione.....	26
8.1.2	Installazione di teste termostatiche e adeguamento corpi radianti .....	28
8.2	Interventi involucro edilizio .....	29
8.2.1	Sostituzione infissi.....	29
8.3	Interventi per la produzione di energia da fonti rinnovabili.....	30
8.3.1	Installazione di impianto fotovoltaico .....	30
8.4	Interventi minori e/o gestionali .....	32
8.4.1	Sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici.....	32
8.4.2	Display da esterno e monitoraggio remoto impianto fotovoltaico .....	34





9	SINTESI STATO ATTUALE.....	35
9.1	Caratteristiche Involucro e impianti stato attuale.....	36
9.2	Indici e consumi stato attuale .....	37
10	SINTESI STATO FUTURO.....	38
10.1	Interventi di efficientamento principali .....	40
10.2	Interventi di efficientamento minori.....	41
10.3	Confronto ANTE e POST intervento .....	42
10.4	Quadro economico di spesa.....	43



## 1 PREMESSA

### 1.1 Obiettivi e Finalità

La Regione Lazio attraverso la Call for proposal “Energia Sostenibile 2.0” (POR FESR 2014-2020) intende, da un lato, ridurre la spesa corrente delle Pubbliche Amministrazioni, con tutti i conseguenti benefici per le finanze pubbliche e, dall’altro lato, incrementare la sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici presenti nel territorio.

La selezione degli interventi di efficientamento verrà effettuata sulla base della potenziale efficacia degli stessi in termini di risparmi energetici conseguibili rispetto agli investimenti necessari, di incremento delle quote di autoproduzione e di miglioramento della classe energetica della struttura.

La presente diagnosi energetica ha lo scopo di analizzare i consumi della struttura, individuare gli interventi di efficientamento energetico realizzabili, il potenziale risparmio energetico e gli investimenti necessari.

### 1.2 Metodologia e Strumenti di Analisi

Il presente documento di Diagnosi energetica utilizza la metodologia di calcolo “tailored rating” secondo le indicazioni della UNI CEI EN 16247-2 (Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici).

La valutazione tailored rating, come descritto nelle norme UNI/TS 11300, è una valutazione energetica sullo stato di fatto che descrive, con un errore accettabile, la reale conduzione del sistema edificio-impianto, e che modifica la modellazione standard (“design” e “asset” rating), adattandola all’effettivo profilo di utilizzo in modo da essere confrontabile con i consumi effettivi ricavabili dalle bollette energetiche.

Il modello validato (coerente con i consumi effettivi della struttura) viene poi utilizzato per simulare gli effettivi risparmi derivanti dalle soluzioni di risparmio energetiche individuate.

La modellazione architettonica dell’edificio è stata effettuata mediante software di modellazione BIM (Building Information Modeling) e successivamente importata nel software per la diagnosi energetica conforme alle norme UNI/TS 11300:2014, UNI CEI EN 16247:2015 ed alle norme EN richiamate dalle UNI/TS 11300 e dal D.lgs. 192/05 art. 11 comma 1.

### 1.3 Responsabile della Diagnosi Energetica

Il documento di Diagnosi Energetica è redatto da EGE (Esperto in Gestione dell’Energia) abilitato ai sensi del D.lgs. 102/2014, artt. 8 e 12 e certificato ACCREDIA secondo le norme UNI 11339 - D.lgs. 102/2014 - Decreto Direttoriale MiSE-MATTM del 12/05/2015.

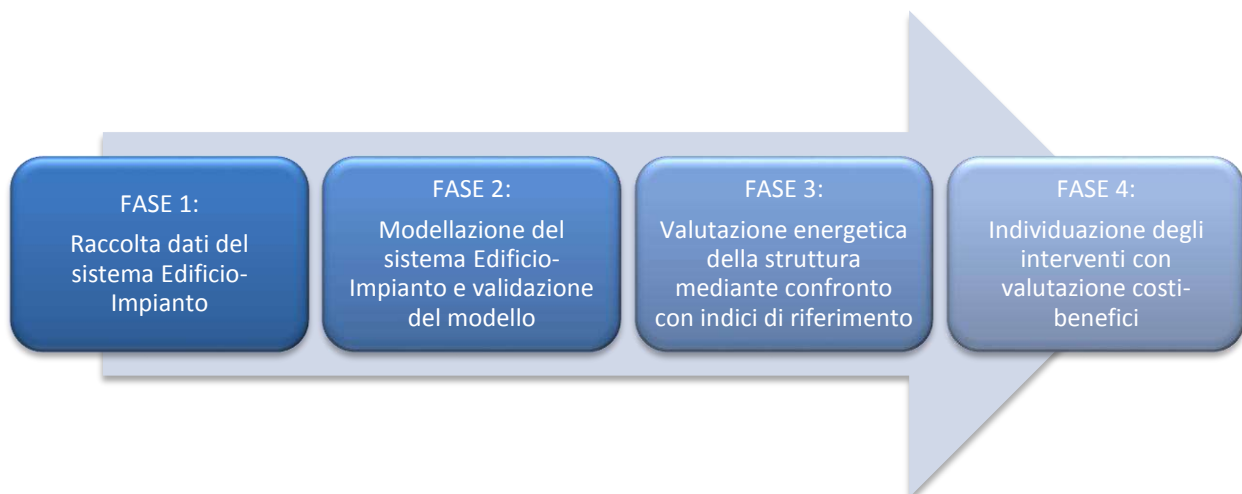
## 2 METODOLOGIA DI ANALISI

### 2.1 Fasi della Diagnosi

Per diagnosi energetica del sistema fabbricato-impianto si intende una procedura sistematica finalizzata alla conoscenza degli usi finali di energia e all'individuazione e all'analisi di eventuali inefficienze e criticità energetiche dell'edificio e degli impianti presenti.

Le fasi principali dello svolgimento di una diagnosi energetica possono essere riassunte in:

- raccolta dati del sistema Edificio-Impianto
- modellazione del sistema Edificio-Impianto e validazione del modello mediante indicatori di congruità tra consumi effettivi e consumi calcolati
- valutazione energetica della struttura mediante confronto degli indici di prestazione effettivi con gli indici di prestazione di riferimento
- individuazione degli interventi di efficientamento con valutazione costi-benefici



### 2.2 FASE 1: Raccolta Dati del sistema Edificio-Impianto

La fase di raccolta dei dati è una fase di fondamentale importanza nella diagnosi energetica poiché quanto più dettagliate e numerose sono le informazioni raccolte tanto maggiore è l'affidabilità dei risultati a valle dello studio.

E' tuttavia noto soprattutto per gli edifici d'epoca, che spesso le informazioni disponibili sono incomplete se non addirittura assenti, e d'altro canto escludere dalla diagnosi tutti gli edifici per cui non si dispone di un set

di informazioni complete significa rinunciare alla possibilità di riqualificare energeticamente un parco edifici importante sia numericamente sia per il potenziale risparmio energetico ottenibile.

Per tale motivo nel caso le informazioni siano risultate incomplete si è proceduto alla formulazione di ipotesi basate sull'esperienza del professionista diagnosticatore.

Ferme restando le considerazioni sopra riportate, nella fase di raccolta dati, eseguita da tecnici della Regione Lazio, si è proceduto alla raccolta di tutta la documentazione utile alla redazione della diagnosi energetica quale:

- planimetrie, prospetti ed eventuale sezione della struttura; nel caso non sia stato possibile reperire i prospetti della struttura questi sono stati sostituiti da documentazione fotografica rilevata in sede di sopralluogo ed integrata dalla rilevazione delle dimensioni delle diverse tipologie di serramenti
- documentazione progettuale relativa agli impianti elettrici, termici ed idrico sanitari
- documentazione tecnica relativa ai componenti dell'involucro edilizio (stratigrafie o trasmittanze dei componenti opachi, schede tecniche o trasmittanze dei componenti finestrati)
- documentazione relativa ad interventi di ristrutturazione o manutenzione straordinaria eseguiti negli ultimi anni
- documentazione tecnica del sistema di produzione dell'energia termica (libretto di impianto, documentazione pratica Inail, rapporti di manutenzione, ecc.)
- documentazione progettuale relativa ad impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili
- dati mensili di consumo divisi per vettore energetico (elettricità, metano, gasolio, ecc..) con relativo costo; in mancanza dei consumi mensili si è fatto riferimento al massimo livello di disaggregazione disponibile
- dati mensili di consumo di acqua per uso sanitario
- dati di contabilizzazione del calore (se disponibili)

I dati documentali sono stati successivamente integrati con ulteriori informazioni reperite tramite intervista ad utenti, gestori e manutentori della struttura ed in particolare:

- destinazione d'uso dell'immobile
- dati tipologici della costruzione: anno di costruzione e modalità costruttiva (muratura portante, telaio in calcestruzzo armato e tamponamenti a cassa vuota, ecc.)
- periodo di funzionamento della struttura (giorni di funzionamento per ogni mese)
- numero di persone presenti nelle diverse fasce orarie
- ore di chiusura degli oscuranti finestre
- comfort percepito dagli utenti
- periodo di funzionamento dell'impianto di riscaldamento
- ore giornaliere di accensione dell'impianto di riscaldamento
- regime di funzionamento dell'impianto di riscaldamento (continuo, intermittente o attenuato) e relativi intervalli temporali

La raccolta di informazioni è continuata con il sopralluogo eseguito da tecnici della Regione Lazio finalizzato ad acquisire direttamente informazioni sul fabbricato, sugli impianti e sul loro stato di conservazione. Le azioni eseguite nell'ambito del sopralluogo sono state le seguenti:

- verifica di conformità dei dati geometrici e piano altimetrici acquisiti
- rilievo fotografico della struttura edilizia interna ed esterna
- rilievo fotografico e delle caratteristiche di targa dei componenti dell'impianto termico, elettrico e di acqua calda sanitaria
- rilievo delle caratteristiche dei serramenti e del relativo stato di conservazione
- rilievo fotografico e delle caratteristiche di targa delle utenze elettriche principali (es. ascensori)
- rilievo della tipologia e posizione dei sistemi di emissione (radiatori, fancoil, ecc.), del tipo di regolazione, della eventuale presenza di valvole termostatiche
- rilievo fotografico e delle caratteristiche di targa di eventuali impianti a fonti rinnovabili

Tutte le attività di raccolta dati, sia documentali che di rilievo diretto, sono state svolte con l'ausilio di apposite checklist finalizzate ad ottenere una documentazione il più possibile completa ed uniforme.

Sia la compilazione delle checklist che il caricamento della documentazione tecnica e fotografica è stata effettuata su sistemi informatici cloud che hanno permesso di ottimizzare i tempi di raccolta ed elaborazione dei dati.

Figura 1-Checklist di raccolta dati online

### 2.3 FASE 2: Modellazione del sistema edificio impianto e validazione del modello

Nella prima fase di modellazione è stato realizzato il modello architettonico della struttura attraverso software di progettazione BIM (Building Information Modeling). Sono stati quindi inseriti tutti i dati geometrico-dimensionali dell'edificio, la divisione interna degli ambienti, gli spessori delle pareti e le caratteristiche geometriche degli infissi.



*Figura 2 - Modellazione BIM della struttura architettonica (interno)*





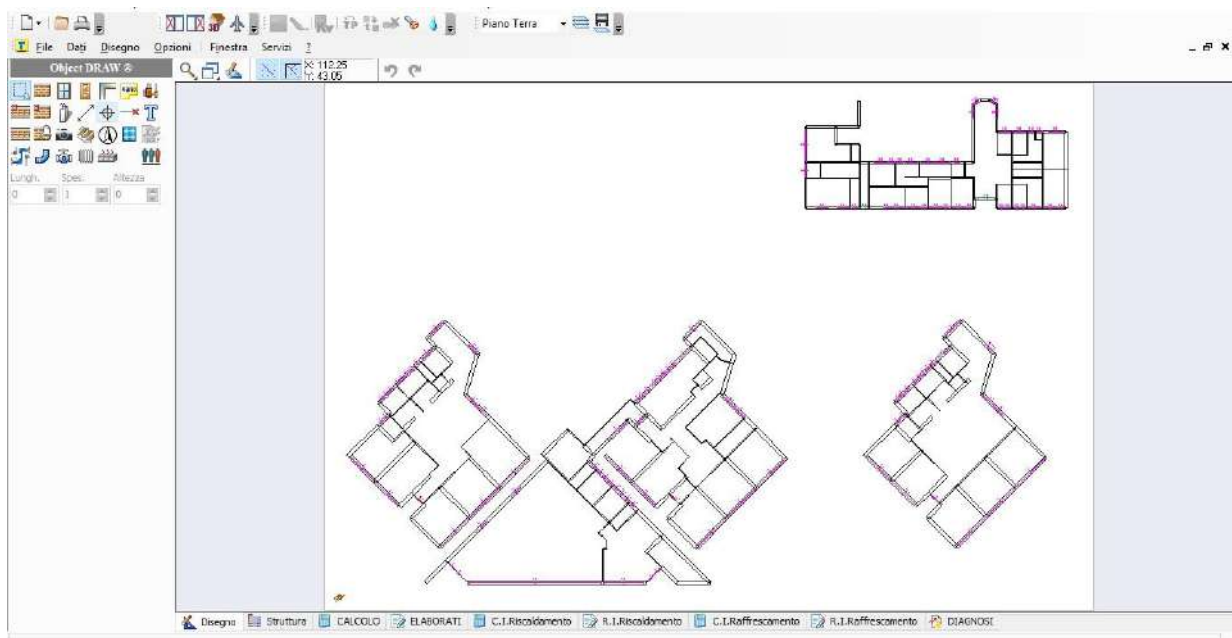
*Figura 3- Modellazione BIM della struttura architettonica (esterno)*



*Figura 4 - Modellazione BIM della struttura architettonica (particolare interno)*

Nella seconda fase di modellazione è stata effettuata con apposito software certificato la simulazione del comportamento energetico della struttura in condizioni standard (senza cioè tenere conto dei profili di utilizzo). Tale simulazione è stata eseguita utilizzando la metodologia indicata nella UNI TS 11300 parti 1, 2, 3 e nelle norme ad essa correlate. Sulla base delle caratteristiche dell'edificio, delle stratigrafie dei componenti

opachi, delle caratteristiche dei componenti finestrati e delle caratteristiche degli impianti, utilizzando un modello matematico, si è determinato il consumo “teorico” di energia della struttura.



*Figura 5 - Analisi energetica*

**Codice Struttura:** WN2  
**Descrizione Struttura:** Finestra [ Rettangolare ] 1 Anta Battente [ 1 Vetro ] + 1 Fisso [ 1 Vetro ]  
**Dimensioni:** L = 0.80 m; H = 1.20 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	L <sub>g</sub> [m]	U <sub>g</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>f</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	kl [W/mK]	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	F <sub>g</sub> [-]
INFISSO	0.403	0.557	4.680	2.704	5.667	0.020	4.647	0.75
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - U <sub>f</sub> da Normativa; U <sub>g</sub> : da Normativa								
A <sub>g</sub> = Area vetro; A <sub>f</sub> = Area telaio; L <sub>g</sub> = Lunghezza perimetro superficie vetrata; U <sub>g</sub> = Trasmittanza termica superficie vetrata; U <sub>f</sub> = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); U <sub>w</sub> = Trasmittanza termica totale serramento; F <sub>g</sub> = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



Figura 6 - Esempio caratterizzazione componente finestrato

Il passaggio successivo è stato quello di implementare nel modello i profili di utilizzo della struttura e confrontare i consumi energetici calcolati mediante il modello con i consumi energetici effettivi desunti dalle bollette. La verifica di congruità è stata effettuata sulla base della seguente equazione:

$$\text{Indice di congruità } (X) = \left| \frac{Q_{p,X, \text{reale}} - Q_{p,X, \text{teorico}}}{Q_{p,X, \text{reale}}} \right|$$

Indice di congruità ≤ 5%

=> ALTA CONGRUITA'



Indice di congruità $\leq 10\%$	=> MEDIA CONGRUITA'	
Indice di congruità $\leq 15\%$	=> BASSA CONGRUITA'	
Indice di congruità $> 15\%$	=> NON CONFORME	

dove:

X = vettore energetico oggetto di verifica

$Q_{p,X,teorico}$  = fabbisogno teorico annuo equivalente di energia primaria riferito al vettore energetico X

$Q_{p,X,reale}$  = fabbisogno reale annuo equivalente di energia primaria riferito al vettore energetico X

Una volta ottenuto uno scostamento inferiore al 15% si è concluso che il modello simula correttamente il comportamento dell'edificio ed è quindi da ritenere valido ai fini delle analisi successive. Nel caso la congruità non fosse stata verificata si sarebbe proceduto al riesame dei dati di input e delle ipotesi adottate nella simulazione (es. periodi di accensione impianti, stratigrafie dei componenti opachi, profili di utilizzo, eventuali anomalie nell'uso dell'immobile, ecc..).

#### 2.4 FASE 3: Valutazione energetica della struttura mediante confronto con indici di riferimento

Sulla base dei risultati dei calcoli energetici sono stati calcolati gli indicatori energetici normalizzati  $IEN_R$  (indicatore energetico normalizzato per riscaldamento) e  $IEN_E$  (indicatore energetico normalizzato per il consumo di energia elettrica). Il valore di questi due indici è stato poi confrontato con valori di riferimento di strutture analoghe (in questo caso sono stati utilizzati i dati dello studio ENEA "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole").

Il valore dell'indicatore  $IEN_R$  (indicatore energetico normalizzato per riscaldamento) è dato da:

$$IEN_R = \frac{Q_{p,X} \cdot F_e \cdot F_h}{V_{riscaldato} \cdot GG} \cdot 1000$$

dove:

$Q_{p,X}$  [kWh] = fabbisogno annuo di energia termica riferito al combustibile X

$F_e$  = fattore di normalizzazione del consumo dovuto alla forma dell'edificio

$F_h$  = fattore di normalizzazione del consumo rispetto all'orario di funzionamento

$V_{riscaldato}$  [m<sup>3</sup>] = volume riscaldato della struttura

GG = gradi giorno convenzionali della località in cui è situata la struttura

$IEN_R$  [Wh / m<sup>3</sup> x GG x anno] = Indicatore Energetico Normalizzato per il riscaldamento

Il valore dell'indicatore  $IEN_E$  (indicatore energetico normalizzato per il consumo di energia elettrica) è dato da:

$$IEN_E = \frac{Q_{p,e} \cdot F_h}{S}$$

dove:

$Q_{p,e}$  [kWh<sub>e</sub>] = fabbisogno annuo di energia elettrica

$F_h$  = fattore di normalizzazione del consumo rispetto all'orario di funzionamento

$S$  [m<sup>2</sup>] = superficie lorda della struttura

$IEN_e$  [Wh / m<sup>2</sup> x anno] = Indicatore Energetico Normalizzato per il consumo di energia elettrica

I fattori di normalizzazione del consumo dovuti alla forma dell'edificio sono dati dalle seguenti tabelle:

Scuole Materne	
Rapporto S/V	$F_e$
sino a 0,40	1,2
da 0,41 a 0,50	1,1
da 0,51 a 0,60	1,0
oltre 0,60	0,9

Scuole Elementari	
Rapporto S/V	$F_e$
sino a 0,30	1,2
da 0,31 a 0,35	1,1
da 0,36 a 0,40	1,0
da 0,41 a 0,45	0,9
oltre 0,45	0,8

Scuole Medie e Superiori	
Rapporto S/V	$F_e$
sino a 0,25	1,1
da 0,26 a 0,30	1,0
da 0,31 a 0,40	0,9
oltre 0,40	0,8

I fattori di normalizzazione del consumo rispetto all'orario di funzionamento sono dati dalla seguente tabella:

Scuole Elementari, Medie e Superiori	
h/giorno	F <sub>h</sub>
sino a 6	1,2
7	1,1
8 - 9	1,0
10 - 11	0,9
oltre 11	0,8

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la struttura in esame è avvenuta confrontando tali indici con i consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo di strutture analoghe in ambito nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento [ $Wh_t / m^3 \times GG \times anno$ ]			
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Superiori	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica [ $kWh_e / m^2 \times anno$ ]			
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Superiori tranne Istituti Tecnici Industriali e Istituti Professionalisti Industriali	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Istituti Tecnici Industriali e Istituti Professionalisti Industriali	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Se gli IEN sono collocabili nella classe “insufficiente” sono decisamente necessari interventi di riduzione dei consumi energetici. Se i valori di IEN sono compresi nelle classi di merito considerate “sufficiente” o “buono”, la struttura in esame rientra nella media e non dovrebbe presentare “sprechi energetici” considerevoli. Questo non esclude, soprattutto se gli IEN sono situati in prossimità dei valori più alti degli intervalli, che sia possibile e conveniente migliorare comunque l’efficienza energetica della struttura.

## 2.5 FASE 4: Individuazione degli interventi di efficientamento

Sulla base dei dati raccolti e della valutazione energetica della struttura sono stati individuati una serie di interventi finalizzati a ridurre i consumi energetici e quindi i costi di gestione della struttura.

Si è quindi passati alla fase di simulazione degli interventi di riqualificazione energetica, modificando i dati di input del modello ed introducendo le modifiche all’involucro, agli impianti, ai sistemi di gestione e controllo ed eseguendo per ciascuna modifica o sue combinazioni una specifica simulazione. I fabbisogni calcolati per ciascun intervento sono stati quindi messi a confronto con i consumi attuali. Da tale confronto si è ottenuto il risparmio energetico come differenza.

In funzione dell’attuale costo di combustibile ed energia elettrica è stata infine effettuata una quantificazione economica del risparmio conseguente agli interventi ed una valutazione del costo di investimento.

### 3 ANALISI DELLO STATO ATTUALE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO

#### 3.1 Dati generali

Secondo l'Art.3 comma 1 del D.P.R. 412/93 la struttura in oggetto è classificata in base alla sua destinazione d'uso come E.7 "edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili".

In tabella sono elencati i principali dati climatici di riferimento conformemente a quanto previsto dalle vigenti normative:

Denominazione della struttura	Scuola Elementare e Materna Mariangela Virgili
Dati catastali	Foglio: 17, Particella: 901
Protocollo Dossier	LI-ES2-20160108-2620312
Vincoli sulla struttura	no
Agibilità della struttura	Si
Indirizzo	Via delle Vigne
Provincia	Viterbo
Comune	Ronciglione
CAP	01037
Latitudine	42° 17' 32''
Longitudine	12° 13' 6''
Altitudine	441 m
Zona Climatica	E
Gradi Giorno	2203
Temperatura invernale esterna di progetto	-2,78 °C
Velocità del vento	1,9 m/s
Periodo riscaldamento	15 ott -15 apr

*Tabella 1 - Dati generali*



### 3.2 Descrizione della struttura

L'Istituto Comprensivo "M. Virgili" include diversi plessi:

- ◆ Scuola dell'Infanzia e Primaria "M. Virgili", ubicate nello stesso edificio, sito in Via delle Vigne snc, al centro del paese;
- ◆ Scuola secondaria di I grado "Ettore Petrolini", ubicata in un antico stabile, sito su Corso Umberto I, al centro del paese; lo stesso ospita anche il Liceo Scientifico, la Biblioteca Comunale e la sede della Pro-Loce.

La suddetta scuola occupa quattro aule del secondo piano e tutto il terzo piano del palazzo.



Figura 7 - Inquadramento dell'edificio oggetto di analisi

L'edificio scolastico "M. Virgili", destinato a scuola materna ed elementare, è costituito da quattro padiglioni dei quali tre (palazzine A, B, C) ospitano le aule per le attività didattiche, il quarto la palestra, la biblioteca, uffici e magazzini; al padiglione denominato palazzina B è collegata, tramite percorso coperto, la mensa con annessa la cucina per la preparazione dei pasti. La struttura portante perimetrale esterna è in muratura di blocchetti di tufo e malta di calce e pozzolana con pilastri in cemento armato di supporto alla travata centrale.



*Figura 8 – Esterno della struttura*

L'edificio scolastico, destinato a scuola materna ed elementare, è costituito da quattro padiglioni. La struttura portante perimetrale esterna è in muratura di blocchetti di tufo e malta di calce e pozzolana con pilastri in cemento armato di supporto alla travata centrale. I solai sono in latero-cemento. Le caratteristiche termofisiche dei componenti opachi, impiegate per le valutazioni energetiche, sono state ricavate con riferimento a strutture similari risalenti alla stessa epoca di costruzione e da quanto messo a disposizione dal Comune.

Per quanto riguarda i componenti finestrati la struttura è caratterizzata da infissi in alluminio, a vetro doppio, di dimensioni variabili. Anche in questo caso la mancanza di schede tecniche o altre informazioni non ha permesso l'individuazione certa del componente ma solo la sua tipizzazione.

Superficie complessiva componenti finestrati	727 m <sup>2</sup>
Volume lordo riscaldato	14.557 m <sup>3</sup>
Superficie lorda disperdente del volume riscaldato	8.148 m <sup>2</sup>
Rapporto S/V (fattore di forma)	0,55 m <sup>-1</sup>
Superficie utile riscaldata dell'edificio	3.216 m <sup>2</sup>

*Tabella 2 – Caratteristiche geometriche della struttura*

### 3.3 Caratteristiche impiantistiche

La generazione di calore avviene mediante tre caldaie tradizionali installate nel locale centrale termica, ed alimentate a gas metano.

L'accensione e spegnimento dell'impianto di riscaldamento avviene tramite programmatore orario. I terminali di emissione sono costituiti da radiatori in ghisa dimensionati per funzionamento ad alta temperatura, sprovvisti di teste termostatiche.

Le caratteristiche principali dell'impianto termico sono riassunte nella seguente tabella:

Combustibile riscaldamento	Metano
Potenza termica caldaia	384+382+116 kW
Rendimento generazione	85 %
Rendimento distribuzione	90 %
Rendimento regolazione	86 %
Rendimento emissione	97 %
Terminali emissione	Radiatori in alluminio e ghisa
Combustibile ACS	-

L'impianto di illuminazione è costituito da corpi illuminanti a scarica di diversa potenza senza sistema di regolazione. Non sono presenti impianti di produzione da fonti rinnovabili.



Figura 9 - Centrale Termica



*Figura 10 - Particolare tubazioni distribuzione*



*Figura 11 - Particolare corpi radianti*



Figura 12 - Particolare corpi illuminanti

#### 4 PROFILI DI UTILIZZO E VALUTAZIONE DEL COMFORT

L'edificio ha un utilizzo continuativo durante l'anno dalle ore 6.00 alle ore 18.00.

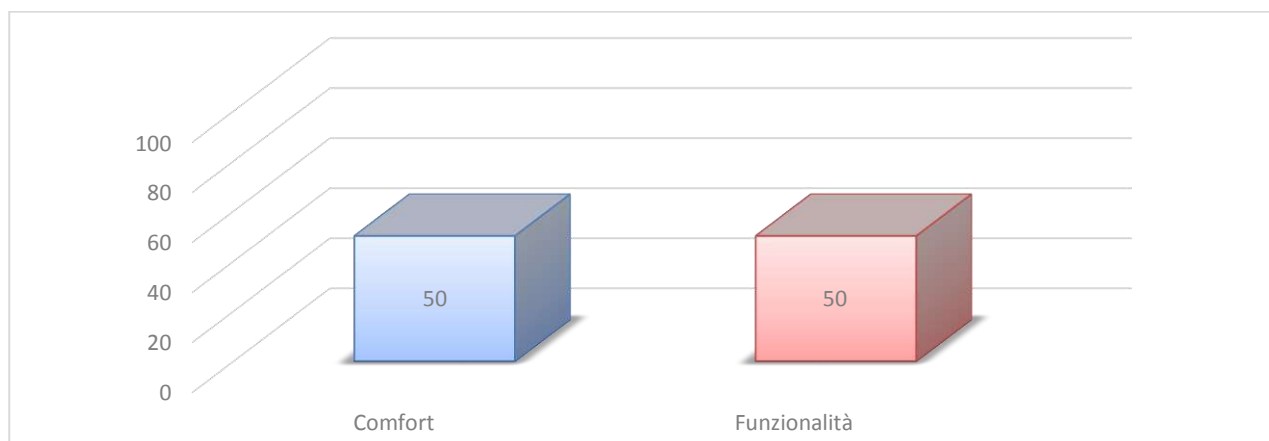
##### Periodo di funzionamento della struttura

Gennaio	20-25 giorni/mese
Febbraio	20-25 giorni/mese
Marzo	20-25 giorni/mese
Aprile	20-25 giorni/mese
Maggio	20-25 giorni/mese
Giugno	20-25 giorni/mese
Luglio	20-25 giorni/mese
Agosto	15-20 giorni/mese
Settembre	20-25 giorni/mese
Ottobre	20-25 giorni/mese
Novembre	20-25 giorni/mese
Dicembre	20-25 giorni/mese

### Numero di persone presenti nelle diverse fasce orarie

00.00-02.00	0
02.00-04.00	0
04.00-06.00	0
06.00-08.00	15
08.00-10.00	640
10.00-12.00	640
12.00-14.00	640
14.00-16.00	640
16.00-18.00	15
18.00-20.00	0
20.00-22.00	0
22.00-24.00	0

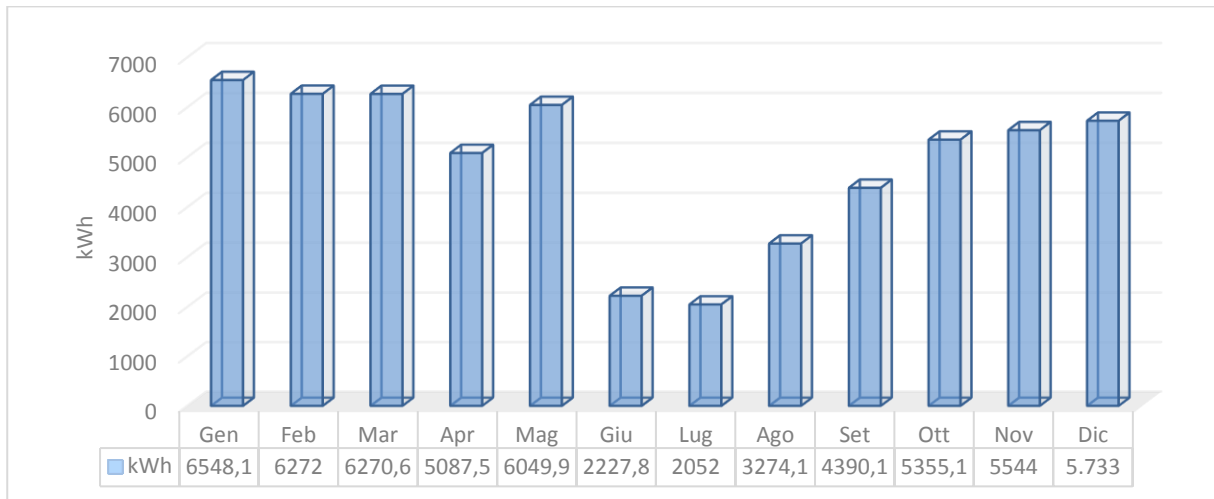
Al fine di individuare eventuali problematiche funzionali dell'impianto di riscaldamento è stato chiesto agli utenti una valutazione del comfort percepito all'interno della struttura ed una valutazione generale del funzionamento dell'impianto (sulla base di numero di guasti, interruzioni di funzionamento ed interventi di riparazione dei componenti). Da tale intervista è emerso un livello di comfort percepito pari a 50 su 100 ed un livello di funzionamento percepito pari a 50 su 100.



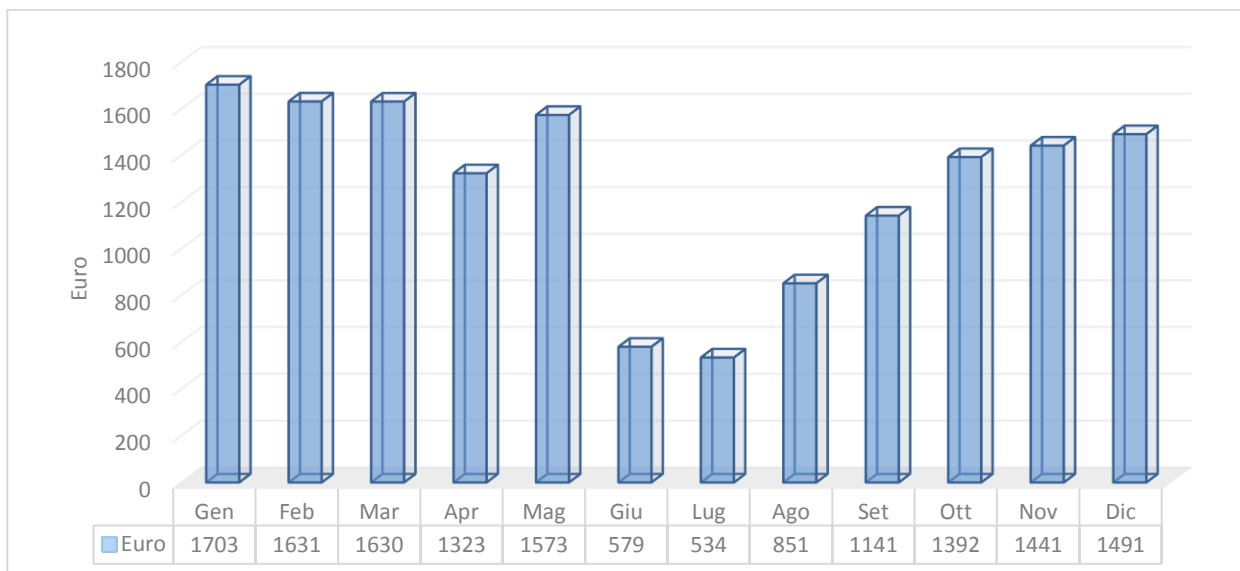
## 5 ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI

I consumi di energia elettrica e di combustibile sono stati desunti dai dati forniti dal Comune e sono sintetizzati nei seguenti grafici:

### Dettaglio consumo mensile energia elettrica



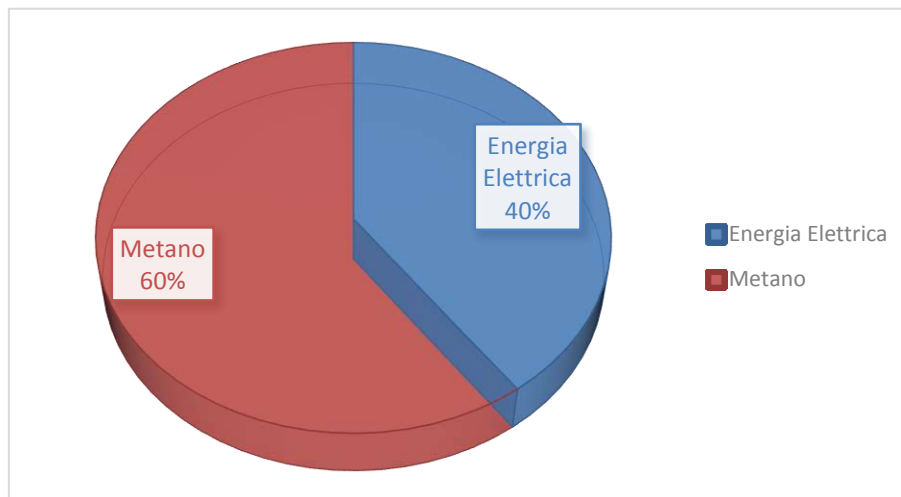
### Dettaglio costo mensile energia elettrica



**I dettagli mensili dei consumi e dei costi del gas metano non sono stati forniti, dunque si è utilizzato il dato annuale ai fini della diagnosi.**

Dai dati sopra riportati risulta un **consumo annuo di energia elettrica** pari a 58.804 kWh per un costo di € **15.289 euro/anno** ed un **consumo di gas metano** pari a 28.668 m<sup>3</sup> per un costo di € **22.934 euro/anno**. Il costo medio dell'energia elettrica è pari a **0,26 euro/kWh** mentre il costo medio di acquisto del gas metano è pari a **0,8 euro/m<sup>3</sup>**; i valori risultano in linea con i costi medi di strutture analoghe. Dalla raccolta dati effettuata si evidenzia che i consumi di gas metano sono derivanti totalmente dal fabbisogno di riscaldamento della struttura mentre i consumi elettrici sono dovuti ai corpi illuminanti ed alle utenze FM.

### **Sintesi Costi Energetici**



## **6 INDICE DI CONGRUITA'**

Come descritto in precedenza i consumi di combustibile derivanti dal modello di simulazione sono stati confrontati con i consumi reali della struttura al fine di verificare la validità del modello per le successive simulazioni.

E' stato quindi calcolato l'indice di congruità relativo al fabbisogno di energia termica espresso in termini di kWh di energia primaria. Nello specifico il consumo calcolato tramite modello matematico è stato pari a 28.634 m<sup>3</sup> (pari a 270.591 kWh di energia primaria) mentre il consumo effettivo della struttura è stato di 28.668 m<sup>3</sup> (pari a 270.913 kWh di energia primaria).



$$\text{Indice di congruità} = \left| \frac{Q_{p,met,reale} - Q_{p,met,teorico}}{Q_{p,met,reale}} \right| = \left| \frac{270913 - 270591}{270913} \right| < 5 \%$$

ALTA CONGRUITA'



dove:

$Q_{p,metano,teorico}$  = fabbisogno teorico annuo equivalente di energia primaria riferito al consumo di metano

$Q_{p,metano,reale}$  = fabbisogno reale annuo equivalente di energia primaria riferito al consumo di metano

## 7 ANALISI DEGLI INDICI DI BENCHMARK

Prima di definire i possibili interventi di miglioramento energetico della struttura è stata effettuata una valutazione degli indici di efficienza dell'edificio rispetto a strutture analoghe.

Gli indici di riferimento utilizzati sono stati tratti studio ENEA "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole".

Il valore dell'indice energetico normalizzato per il riscaldamento ( $IEN_R$ ) è stato calcolato secondo la seguente formula:

$$IEN_R = \frac{Q_{p,X} \cdot F_e \cdot F_h}{V_{riscaldato} \cdot GG} \cdot 1000$$

dove:

$Q_{p,X}$  [kWh] = fabbisogno annuo di energia termica riferito al combustibile X

$F_e$  = fattore di normalizzazione del consumo dovuto alla forma dell'edificio

$F_h$  = fattore di normalizzazione del consumo rispetto all'orario di funzionamento

$V_{riscaldato}$  [m<sup>3</sup>] = volume riscaldato della struttura

GG = gradi giorno convenzionali della località in cui è situata la struttura

$IEN_R$  [Wh / m<sup>3</sup> x GG x anno] = Indicatore Energetico Normalizzato per il riscaldamento

Per quanto riguarda i consumi di gas metano si quindi ottenuto un indice di efficienza pari a 6,08 che corrisponde a una classe di efficienza "Buono".

Consumo medio annuo (kWh di energia primaria)	Volume (mc)	S/V	Fe	Fh	GG	$IEN_R$	Classe di efficienza riscaldamento
270.913	14.557	0,55	0,9	0,8	2203	6,08	Buono

AUDITOR: Ing. Marco Rinaldi

Ingegnere Industriale A-729 (Ordine Ingegneri di Rieti)

Esperto Gestione Energia Settore Civile e Industriale XPERT/15/2567 (Accredia)



Il valore dell'indice energetico normalizzato per il consumo di energia elettrica ( $IEN_E$ ) è stato calcolato secondo la seguente formula:

$$IEN_E = \frac{Q_{p,e} \cdot F_h}{S}$$

dove:

$Q_{p,e}$  [kWh<sub>e</sub>] = fabbisogno annuo di energia elettrica

$F_h$  = fattore di normalizzazione del consumo rispetto all'orario di funzionamento

$S$  [m<sup>2</sup>] = superficie lorda della struttura

$IEN_e$  [Wh / m<sup>2</sup> x anno] = Indicatore Energetico Normalizzato per il consumo di energia elettrica

Per quanto riguarda i consumi elettrici si è quindi ottenuto un indice di efficienza pari a 14,63 che corrisponde a una classe di efficienza "Insufficiente".

Consumo medio annuo (kWh elettrici)	Superficie	Fh	$IEN_E$	Classe di efficienza energia elettrica
58.804	3.216	0,8	14,63	Insufficiente

## 8 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

A seguito dei sopralluoghi effettuati presso la struttura si è potuta acquisire la conoscenza dello stato di fatto, con particolare riferimento a:

- consumi energetici reali dell'immobile e caratteristiche della fornitura
- tipologia ed efficienza degli impianti termici, valutati sulla base della documentazione fornita, delle emergenze ricavate in sede di sopralluogo e delle informazioni relative alle condizioni di benessere segnalate dagli utenti
- caratteristiche costruttive dell'involucro edilizio e stato di conservazione, rilevati in sede di sopralluogo e dalla documentazione fornita

Tra i differenti interventi possibili in grado di ridurre i consumi energetici sono stati selezionati gli interventi con il miglior rapporto costi/benefici.

I criteri di selezione prioritaria utilizzati sono stati:

- Riduzione del costo energetico annuo della struttura;
- Aumento di comfort per gli utenti;
- Minore invasività ed interferenza degli interventi con le attività della struttura.

### 8.1 Interventi impianti

#### 8.1.1 Sostituzione della caldaia esistente con caldaie modulari a condensazione

Il presente intervento prevede la sostituzione della caldaia esistente con una caldaia modulare a condensazione ed alto rendimento, regolazione climatica, modulazione della potenza e basse emissioni inquinanti. La potenza del nuovo generatore nonché le specifiche tecniche verranno definiti in fase di progettazione esecutiva. Il nuovo gruppo termico sarà posizionato nell'attuale locale adibito a centrale termica e connesso ai relativi stacchi delle colonne di mandata/ritorno impianto.

Dovrà inoltre essere adeguato e messo a norma l'impianto elettrico della centrale ed il relativo quadro di comando di pompe e caldaie. E' prevista, se non presente, la fornitura e posa in opera di sezionatore di emergenza, manovrabile sotto carico ed atto a porre fuori tensione l'intera centrale termica, che verrà alloggiato all'esterno in apposito contenitore stagno.

Al fine di proteggere le nuove caldaie dalle eventuali impurità residue presenti all'interno del circuito esistente, l'impianto dovrà essere diviso in due porzioni, un circuito primario sul lato caldaia di nuova realizzazione ed un circuito secondario sul lato collettore, attraverso l'inserimento di uno scambiatore di calore di calore a piastre acqua - acqua. I due circuiti saranno pertanto fisicamente separati dallo scambiatore e non si misceleranno.

Dovranno inoltre essere installati vasi di espansione sia per il circuito primario che per il circuito secondario della dimensione che verrà individuata in fase di progettazione esecutiva.

Per quanto concerne le eventuali modifiche che si dovessero rendere necessarie alle tubazioni di andata e ritorno impianto, esse dovranno essere realizzate in acciaio con curve, flange, giunzioni a vite e/o saldate.

Tutte le tubazioni all'interno della centrale dovranno inoltre essere isolate con tubi in elastomero espanso e successivamente rivestite in lamierino di alluminio.



*Figura 13 – Caldaie modulari a condensazione*

Dovranno inoltre essere installati tutti i dispositivi di sicurezza INAIL previsti dalla Raccolta R 2009 quali valvola di sicurezza, valvola di intercettazione combustibile, pressostati di minima e massima pressione, bitermostato, termometro e manometro.

Riguardo le eventuali modifiche alla tubazione del gas, queste dovranno essere effettuate utilizzando tubazioni in acciaio conformi alla norma EN 10255 (EX UNI 8863) e dovranno essere previsti tutti gli organi di intercettazione e sicurezza previsti dalle norme (valvola a sfera di intercettazione, giunto antivibrante, manometri per la lettura della pressione, ecc.).

I condotti di espulsione dei fumi dovranno essere di tipo omologato, provvisti di identificazione secondo UNI EN 1443, in acciaio inox resistente alle condense. Dovrà infine essere installato sul reintegro dell'impianto un addolcitore d'acqua come previsto dal DPR 59/09 e 46/90 art. 7, in modo da prevenire formazioni di calcio e di conseguenza migliorare l'efficienza dell'impianto.

Contestualmente alla sostituzione delle caldaie esistenti verrà sostituito il gruppo pompe con nuove pompe con convertitore di frequenza integrato. Questa tecnologia garantirà prestazioni adeguate alle richieste

dell'impianto, ma consumi elettrici notevolmente ridotti grazie alla regolazione della portata in funzione dell'effettiva richiesta dell'utenza.

L'intervento permetterà una riduzione di consumo di combustibile pari a 3.859 m<sup>3</sup> di metano con un risparmio di 3.087 euro/anno.

**Costo Intervento: € 96.000**

### 8.1.2 Installazione di teste termostatiche e adeguamento corpi radianti

Il presente intervento prevede per tutti i radiatori esistenti la sostituzione di valvola e detentore e l'installazione di teste termostatiche con sistema antimanomissione.

Le teste termostatiche permetteranno di mantenere la temperatura ambiente ad un valore fissato, evitando indesiderati incrementi di temperatura.



*Figura 14 – Testa termostatica con kit antimanomissione*

Tali dispositivi agiscono regolando la portata in funzione della temperatura ambiente e della temperatura impostata mediante una scala di regolazione manuale. Se la temperatura ambiente ha un valore uguale o superiore alla temperatura impostata la valvola ostruisce completamente il passaggio del fluido termovettore.

Si prevede inoltre la sostituzione degli attuali radiatori in ghisa con radiatori in alluminio di dimensioni idonee per il funzionamento a bassa temperatura.

L'intervento permetterà una riduzione di consumo di combustibile pari a 3.468 m<sup>3</sup> di metano con un risparmio di 2.774 euro/anno.

**Costo Intervento: € 47.100**

## 8.2 Interventi involucro edilizio

### 8.2.1 Sostituzione infissi

Con il presente intervento si è previsto di sostituire i serramenti esistenti con nuovi serramenti a taglio termico con profilati estrusi in alluminio, verniciati, di aspetto estetico idoneo alla struttura, con spessore 65-75 mm. Tali serramenti saranno completi di vetrocamera 4-16-4, controtelaio metallico e guarnizioni in EPDM o neoprene, maniglie e cerniere, e tutti gli accessori necessari ad un corretto funzionamento. I nuovi infissi, in parte di tipo fisso ed in parte di tipo apribile, avranno inoltre le seguenti caratteristiche:

- trasmittanza termica del serramento  $U_w < 1,4 \text{ W/mK}$
- isolamento acustico del serramento  $R_w > 40 \text{ dB}$



Figura 15 – Infisso alluminio doppio vetro a taglio termico

Nel complesso, si prevede l'intervento su di una superficie di 727 mq. L'intervento si manifesta sostanzialmente semplice e senza alcuna criticità in quanto i nuovi infissi verranno realizzati a misura senza quindi richiedere modifiche architettoniche o strutturali o interventi invasivi sulle murature di tamponamento. Inoltre dovranno essere impiegati vetri di sicurezza e/o stratificati secondo quanto previsto dalla normativa UNI 7697.

L'intervento permetterà una riduzione di consumo di combustibile pari a 2.752 m<sup>3</sup> di metano con un risparmio di 2.201 euro/anno.

**Costo Intervento: € 390.700**



### 8.3 Interventi per la produzione di energia da fonti rinnovabili

#### 8.3.1 Installazione di impianto fotovoltaico

Uno degli interventi di primaria importanza per il miglioramento della sostenibilità ambientale nonché per la drastica riduzione degli oneri economici inerenti i consumi di energia elettrica, è rappresentato dall'installazione di un impianto fotovoltaico "grid connected" a servizio della struttura.

L'impianto avrà una **potenza di picco pari a 20 kWp** quale somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici costituenti il generatore.

Si è ipotizzato un impianto fotovoltaico parzialmente integrato, in cui i moduli sono installati sul tetto in modo complanare alle superfici, evitando quindi la sostituzione delle tegole ed altri interventi sulla struttura, che comporterebbero una certa dilatazione dei tempi di esecuzione dei lavori. Le strutture per il sostegno dei pannelli fotovoltaici saranno realizzate utilizzando delle staffe in acciaio inox idonee per la tipologia di tegole presenti in copertura, su tali staffe saranno ancorati dei profilati in alluminio che fungeranno da sostegno ai moduli fotovoltaici.

La tipologia delle lavorazioni e la struttura architettonica dell'edificio, permettono che tali lavori vengano realizzati in breve tempo, senza incorrere a particolari problematiche tecnico-realizzative.

Conformemente alle prescrizioni della norma CEI 0-21 dovrà essere previsto idoneo dispositivo di interfaccia che operi la disinserzione automatica dell'impianto fotovoltaico quando non dovessero sussistere le condizioni per operare in parallelo alla rete. Dovrà infine essere prevista una linea vita per le operazioni di installazione e manutenzione dell'impianto fotovoltaico.

La produzione annuale attesa di energia è stata calcolata mediante l'utilizzo del Sistema PVGIS messo a disposizione dal Centro Comune di Ricerca della Comunità Europea (Joint Research Center, JRC) utilizzando il database di radiazione Climate-SAF PVGIS. Vengono di seguito riportati i valori stimati di produzione dell'impianto per la località sede dell'intervento.



<b>Sistema fisso: inclinazione=30 gradi, orientamento=0 gradi</b>					
<b>Mese</b>	<b>Ed</b>	<b>Em</b>	<b>Hd</b>	<b>Hm</b>	
Gen	44.40	1380	2.87	89.0	
Feb	62.40	1750	4.09	115	
Mar	74.80	2320	5.07	157	
Apr	82.60	2480	5.75	173	
Mag	90.80	2820	6.47	200	
Giu	96.50	2900	7.02	211	
Lug	101.00	3130	7.44	231	
Ago	96.50	2990	7.10	220	
Set	82.30	2470	5.87	176	
Ott	66.20	2050	4.55	141	
Nov	47.90	1440	3.17	95.0	
Dic	41.50	1290	2.69	83.5	
Anno	74.00	2250	5.18	158	
Totale per l'anno		27000		1890	

dove:

Ed = produzione elettrica media giornaliera (kWh)

Em = produzione elettrica media mensile (kWh)

Hd = media dell'irraggiamento giornaliero al metro quadro (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm = media dell'irraggiamento mensile al metro quadro (kWh/m<sup>2</sup>)

Da tali dati è stata stimata una produzione totale annua di energia pari a **27.000 kWh**.

Considerando i profili di utilizzo della struttura ovvero un utilizzo nei mesi da Gennaio a Dicembre dalle ore 6.00 alle ore 18.00 si stima che l'impianto permetterà di ridurre del 32% il fabbisogno complessivo di energia elettrica. Il risparmio derivante dal mancato prelievo dalla rete sarà quindi dato dall'energia autoconsumata (18.900 kWh) per il costo attualmente pagato per l'acquisto di energia elettrica. L'energia elettrica prodotta e non direttamente consumata (es. giorni festivi) verrà invece immessa in rete e valorizzata mediante la convenzione di Scambio sul Posto con il GSE (Gestore Servizi Energetici).





Figura 16 – Modalità di installazione (tetto a falda)

Considerando il prezzo di acquisto dell'energia elettrica pari a **0,26 euro/kWh** come da bollette elettriche si avrà un **risparmio per mancato acquisto di energia pari 18.900 kWh \* 0,26 euro/kWh = 4.914 euro/anno**

**Costo Intervento: € 46.000**

#### 8.4 Interventi minori e/o gestionali

##### 8.4.1 Sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici

Al fine di sensibilizzare e rendere consapevoli gli utenti dei consumi energetici della struttura è prevista l'installazione di un sistema di misurazione e di visualizzazione dei consumi che permetterà di monitorare attraverso l'impiego di dispositivi con tecnologia Touch, i consumi elettrici e termici della struttura. Il sistema dovrà permettere di scegliere il tipo di consumo da verificare, il tipo di visualizzazione (istantanea o tramite grafici) e il periodo (giorno, mese, anno). Il sistema sarà composto dai seguenti componenti:

- contabilizzatore di calore con uscita impulsiva da installare nel locale Centrale termica a valle dello scambiatore a piastre per la misurazione dei kWh di energia termica forniti all'utenza
- interfaccia conta-impulsi per l'acquisizione del segnale impulsivo del contabilizzatore di calore
- misuratore di energia elettrica a toroidi da installare nel quadro generale della struttura;
- dispositivi di visualizzazione Touch Screen



Figura 17 - Contabilizzatore di calore diretto

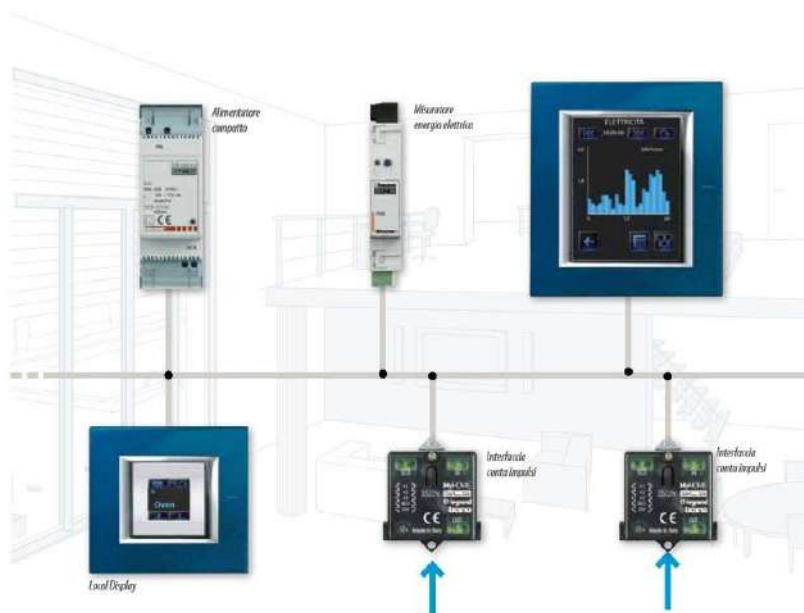


Figura 18 – Sistema di monitoraggio consumi

Tutti i dispositivi saranno connessi tramite cablaggio BUS a due fili e saranno integrati in un unico sistema di gestione. Il controllo dei consumi potrà essere effettuato anche in remoto tramite browser ed app per Smartphone e Tablet.

Costo Intervento: € 6.000

#### 8.4.2 Display da esterno e monitoraggio remoto impianto fotovoltaico

L'intervento prevede l'installazione di un sistema di visualizzazione locale (display da esterno) della produzione di energia dell'impianto fotovoltaico al fine di permettere un controllo diretto ed immediato della funzionalità dell'impianto. Il sistema consentirà inoltre di accedere a tutti i dati di produzione da postazione remota e quindi di sorvegliare in tempo reale l'impianto evitando eventuali cali di rendimento per malfunzionamenti rilevati in ritardo.



Figura 19 – Monitoraggio remoto impianto fotovoltaico



Figura 20 – Display da esterno

Il display da esterno oltre a rendere evidente la politica green dell'Ente migliorando l'immagine della stessa, svolgerà una funzione didattica per gli alunni che vedranno direttamente i benefici derivanti dalla produzione di energia da fonte rinnovabile.

**Costo Intervento: € 4.000**

## 9 SINTESI STATO ATTUALE

L'audit energetico ha messo in evidenza i consumi energetici più importanti della struttura tra cui emergono quelli per il riscaldamento invernale e per il fabbisogno di energia elettrica.

Dall'analisi delle bollette energetiche emerge infatti un **fabbisogno elettrico di 58.804 kWh/anno** corrispondenti ad una **spesa annua di circa 15.289 €** ed un **fabbisogno di energia termica pari a 270.913 kWh/anno** corrispondenti a una **spesa annua di metano pari a 22.934 € (28.668 m<sup>3</sup>)**; tali numeri mostrano efficacemente il peso che il mantenimento delle condizioni di benessere termico all'interno dei locali ha sul bilancio economico dell'intera struttura.

Tra le principali cause dell'elevata richiesta energetica dell'edificio vi sono:

- il basso rendimento dei sistemi di generazione del calore esistenti
- l'assenza di un sistema di regolazione della temperatura negli ambienti
- l'elevata trasmittanza termica dell'involucro edilizio

Dall'analisi delle caratteristiche delle pareti, degli infissi e delle coperture dell'edificio e dal calcolo dei rendimenti dei sistemi di generazione, di regolazione, di distribuzione e di emissione degli impianti di riscaldamento si è determinato che **attualmente la classe energetica dell'edificio è pari a F**.

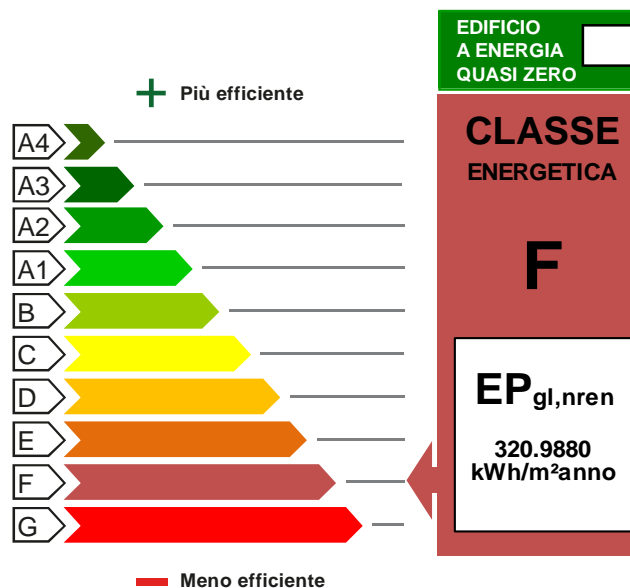


Figura 21 – Classe Energetica della struttura ante interventi

## 9.1 Caratteristiche Involucro e impianti stato attuale



### COMPONENTI OPACHI:

Struttura portante in c.a. e muratura di tufo  
Trasmittanza media: 1,231 W/m<sup>2</sup>K



### COMPONENTI FINESTRATI:

Infissi in alluminio a vetro doppio normale  
Trasmittanza media: 4,647 W/m<sup>2</sup>K



### GENERATORE DI CALORE:

Caldia in ghisa a gas metano 384+382+116 kW  
Rendimento di generazione: 85 %



### SISTEMA DI DISTRIBUZIONE:

Coibentazione non conforme DPR 412/93  
Rendimento di distribuzione: 90 %



### SISTEMA DI REGOLAZIONE:

Regolazione di zona mediante programmatore orario  
con regolazione climatica  
Rendimento di regolazione: 86 %

**SISTEMA DI EMISSIONE:**Radiator in alluminio dimensionati per  
funzionamento ad alta temperatura (70-80 °C).

Rendimento di emissione: 97%

**9.2 Indici e consumi stato attuale**

Descrizione	Unità di misura	Situazione attuale
Indice di prestazione energetica globale	kWh/(m <sup>2</sup> x anno)	320,99
Classe Energetica		F
Consumo Riscaldamento	m <sup>3</sup> /anno	28.668
Consumo Illuminazione e UtENZE Elettriche	kWh elettrici/anno	58.804
Energia Elettrica Immessa in Rete	kWh elettrici/anno	-
Consumo Equivalente di Energia Primaria per Riscaldamento	kWh (P.C.I Metano = 9,45 kWh/m <sup>3</sup> )	270.913
Consumo Equivalente di Energia Primaria per Illuminazione e UtENZE Elettriche	kWh (Fattore conversione = 2,17)	127.605
Indice energetico normalizzato per il riscaldamento (IEN <sub>R</sub> )	Wh / (m <sup>3</sup> x GG x anno)	6,08
Indice energetico normalizzato per il consumo di energia elettrica (IEN <sub>E</sub> )	Wh / m <sup>2</sup> x anno	14,63
Classe di efficienza riscaldamento (Classe ENEA)		Buono
Classe di efficienza di energia elettrica (Classe ENEA)		Insufficiente
Costo Annuo per riscaldamento	Euro/anno	<b>22.934</b>
Costo Annuo per energia elettrica	Euro/anno	15.289
<b>Costo Energetico Annuo Complessivo</b>	<b>Euro/anno</b>	<b>38.223</b>

## 10 SINTESI STATO FUTURO

Attraverso la realizzazione degli interventi sopra descritti, sarà possibile ottenere una elevazione della **classe dell'edificio fino alla categoria E** ed ottenere risparmi sia in termini di energia primaria che in termini di riduzione dei costi di gestione della struttura.

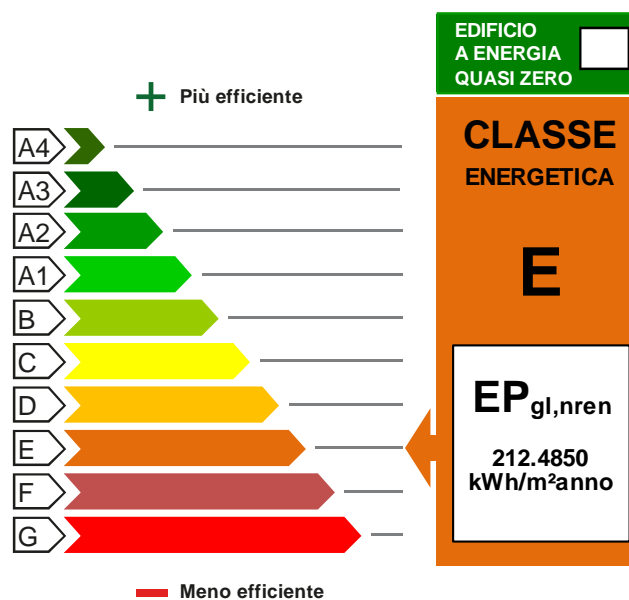


Figura 22 – Classe Energetica della struttura post interventi

Nello specifico gli interventi individuati permetteranno di ridurre gli attuali costi energetici della struttura del 34% con un risparmio energetico pari a 12.976 euro/anno di cui:

- 3.087 euro/anno (8%) derivanti dall'efficientamento del sistema di produzione del calore
- 2.774 euro/anno (7%) derivanti dalla regolazione della temperatura per singolo ambiente mediante teste termostatiche
- 4.914 euro/anno (13%) derivanti dall'installazione di impianto fotovoltaico (20 kW) per la produzione di energia elettrica
- 2.201 euro/anno (6%) derivanti dalla sostituzione degli attuali infissi con infissi a taglio termico e vetrocamera basso emissiva

## Risparmio economico percentuale rispetto a spesa energetica ante interventi

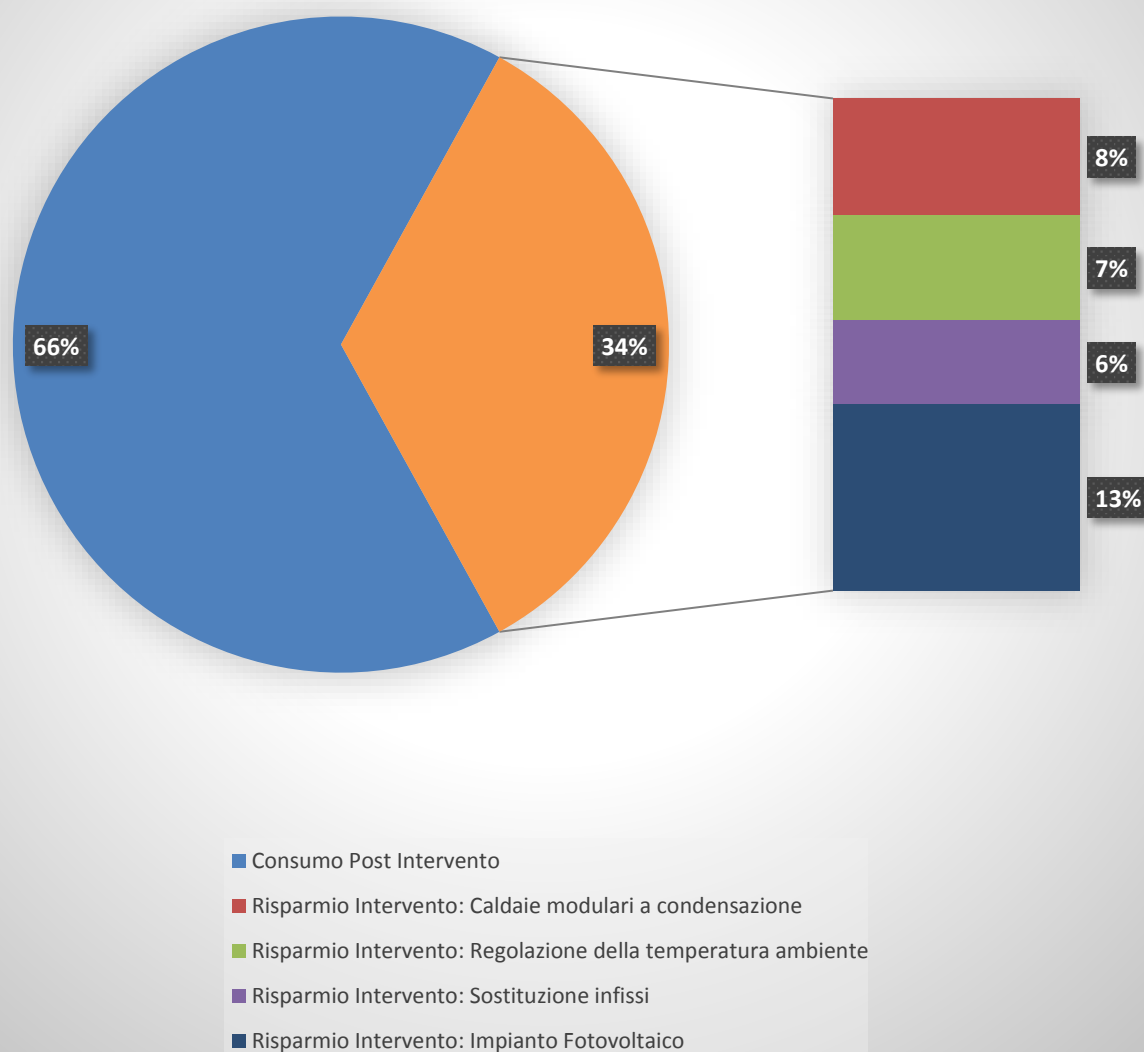


Figura 23 – Risparmio economico interventi di efficientamento



Sulla base dei consumi energetici stimati post interventi di efficientamento è possibile calcolare i futuri indicatori di efficienza energetica e le conseguenti classi di efficienza come riportato nelle seguenti tabelle:

Consumo medio annuo (kWh di energia primaria)	Volume (mc)	S/V	Fe	Fh	GG	IEN <sub>R</sub>	Classe di efficienza riscaldamento
175.676	14.557	0,55	0,9	0,8	2203	3,94	Buono

Consumo medio annuo (kWh elettrici)	Superficie	Fh	IEN <sub>E</sub>	Classe di efficienza energia elettrica
39.904	3.216	0,8	9,93	Sufficiente

### 10.1 Interventi di efficientamento principali



#### CALDAIE MODULARI A CONDENSAZIONE:

Sostituzione della caldaia esistente con caldaie modulari a condensazione con regolazione climatica

Risparmio Energia Primaria: 36.465 kWh/anno

**Risparmio economico: 3.087 euro/anno**



#### TESTE TERMOSTATICHE E ADEGUAMENTO CORPI RADIANTI:

Installazione di teste termostatiche e adeguamento corpi radianti per funzionamento a bassa temperatura

Risparmio Energia Primaria: 32.770 kWh/anno

**Risparmio economico: 2.774 euro/anno**



#### IMPIANTO FOTOVOLTAICO:

Installazione di impianto fotovoltaico di potenza pari a 20 kW e produzione attesa pari a 27.000 kWh elettrici

Risparmio Energia Primaria: 41.013 kWh/anno

**Risparmio economico: 4.914 euro/anno**



#### INFISSI DOPPIO VETRO A TAGLIO TERMICO:

Sostituzione infissi con nuovi serramenti doppio vetro a taglio termico con trasmittanza  $<1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Risparmio Energia Primaria: 26.002 kWh/anno

Risparmio economico: 2.201 euro/anno

### 10.2 Interventi di efficientamento minori



#### SISTEMA DI MONITORAGGIO CONSUMI :

Sistema di monitoraggio consumi elettrici e termici della struttura



#### DISPLAY FOTOVOLTAICO:

Sistema di visualizzazione locale (display da esterno) e remoto della produzione di energia dell'impianto fotovoltaico

### 10.3 Confronto ANTE e POST intervento

Si riporta di seguito il riepilogo dei risultati ottenibili a seguito degli interventi di efficientamento:

Descrizione	Unità di misura	Situazione attuale	Situazione futura
Indice di prestazione energetica globale	kWh/(m <sup>2</sup> x anno)	320,98	212,485
Classe Energetica		<b>F</b>	<b>E</b>
Consumo Riscaldamento	m <sup>3</sup> /anno	28.668	18.590
Consumo Illuminazione e UtENZE Elettriche	kWh elettrici/anno	58.804	39.904
Energia Elettrica Immessa in Rete	kWh/anno	-	8.100
Consumo Equivalente di Energia Primaria per Riscaldamento	kWh (P.C.I Metano = 9,45 kWh/m <sup>3</sup> )	270.913	175.676
Consumo Equivalente di Energia Primaria per Illuminazione e UtENZE Elettriche	kWh (Fattore conversione = 2,17)	127.605	86.592
Indice energetico normalizzato per il riscaldamento (IEN <sub>R</sub> )	Wh / (m <sup>3</sup> x GG x anno)	6,08	3,94
Indice energetico normalizzato per il consumo di energia elettrica (IEN <sub>E</sub> )	Wh / m <sup>2</sup> x anno	14,63	9,93
Classe di efficienza riscaldamento		Buono	Buono
Classe di efficienza di energia elettrica (Classe ENEA)		Insufficiente	Sufficiente
Costo Annuo per riscaldamento	Euro/anno	<b>22.934</b>	<b>14.872</b>
Costo Annuo per energia elettrica	Euro/anno	<b>15.289</b>	<b>10.375</b>
<b>Costo Energetico Annuo Complessivo</b>	<b>Euro/anno</b>	<b>38.223</b>	<b>25.247</b>

#### 10.4 Quadro economico di spesa

<b>A.1 Importo dei lavori a base d'asta</b>	<b>€ 589.800</b>
<b>A.1.1 IMPIANTI FOTOVOLTAICI</b>	<b>€ 50.000</b>
Realizzazione, acquisto ed installazione di impianti, apparecchiature e strumenti necessari alla realizzazione dell'intervento, compresi quelli per il telecontrollo	€ 46.000 € 4.000
<b>A.1.2 IMPIANTI SOLARI TERMICI</b>	-
Realizzazione, acquisto ed installazione di impianti, apparecchiature e strumenti necessari alla realizzazione dell'intervento, comprese le opere impiantistiche ed edili per l'allacciamento alle utenze	
<b>A.1.3 ALTRI IMPIANTI - CO-TRIGENERAZIONE</b>	-
Realizzazione, acquisto ed installazione di impianti, apparecchiature e strumenti necessari alla realizzazione dell'intervento, comprese le opere di adduzione e distribuzione del vettore termico	
<b>A.1.4 INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO IMPIANTISTICO</b>	<b>€ 149.100</b>
- Acquisto ed installazione di caldaie ad alta efficienza comprese le opere impiantistiche ed edili per l'allacciamento alle utenze e l'adeguamento energetico dei terminali di erogazione del calore (installazione boiler di accumulo ed inerziali, valvole termostatiche, ecc.)	€ 96.000 € 6.000 € 47.100
- Acquisto ed installazione di pompe di calore ad alta efficienza comprese le opere impiantistiche ed edili per l'allacciamento alle utenze e la sostituzione dei terminali di erogazione del calore (installazione boiler di accumulo ed inerziali, installazione di circuiti di riscaldamento a pavimento/soffitto/canalizzazioni aerauliche, aerotermi/ventilconvettori, ecc.)	-
- Opere di adeguamento degli apparati e della rete di distribuzione di energia elettrica nell'edificio	-
- Acquisto ed installazione di apparecchiature di illuminazione interna/esterna ad alta efficienza	
- Acquisto ed installazione di dispositivi a rete per il controllo e coordinamento autonomo del funzionamento delle utenze energetiche (elettriche e termiche) compresa la sensoristica locale e l'unità di controllo centrale	
<b>A.1.5 INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO</b>	<b>€ 390.700</b>
- Lavori di rifacimento della coibentazione della copertura	
- Lavori di posa in opera di sistemi a cappotto esterno per l'isolamento delle pareti verticali con correzione dei ponti termici	



- Lavori di sostituzione e posa in opera degli infissi esistenti per i componenti vetrati	€ 390.700
<b>A.2 Importo dei servizi a base d'asta</b>	<b>€ 29.800</b>
Spese tecniche di progettazione definitiva/esecutiva	€ 29.800
<b>A.3 Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso</b>	<b>€ 12.900</b>
<b>Totale importo a base d'asta (A.1+A.2+A.3)</b>	<b>€ 632.500</b>



SACCHI



# Comune di Ronciglione

(Provincia di Viterbo)

AREA TECNICA

Piazza Principe di Napoli, 1 - 01037 Ronciglione (VT)  
TEL.: 0761/629035 - FAX: 0761/627997

REGIONE LAZIO DIREZIONE REGIONALE INFRASTRUTTURE, AMBIENTE E POLITICHE ABITATIVE AREA GENIO CIVILE LAZIO NORD - UFFICIO DI VITERBO
- 7 MAR 2017
<b>PERVENUTA</b>

Prot. n. 4938  
del 3/03/2017

Alla REGIONE LAZIO  
Direzione Regionale Infrastrutture e Politiche Abitative  
Are Genio Civile Lazio Nord  
Servizio Genio Civile di Viterbo

alla c.a Responsabile P.O.  
Dott. Pino Sacchi

geniocivileviterbo@regione.lazio.legalmail.it

**OGGETTO: Call for proposal "Energia sostenibile 2.0" - Azione 4.1.1. Promozione dell'eco-efficienza e riduzione di consumi di energia primaria negli edifici e strutture pubbliche":  
ATTESTAZIONE DI INESISTENZA VINCOLI E DICHIARAZIONI DI INAGIBILITA' DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA M. VIRGILI DI RONCIGLIONE.**

La sottoscritta Architetto Nicoletta Gasperini, R.U.P. della Call for Proposal in oggetto riportata, facendo seguito a quanto richiesto con nota Vs. Prot. 109499 GR/03/45 del 2/03/2017, con la presente

ATTESTA

- 1) l'inesistenza di vincoli di qualsiasi natura sia sull'immobile oggetto della diagnosi energetica ovvero la scuola elementare e materna Mariangela Virgili di Ronciglione ubicata in via delle Vigne snc, sia sull'area di sedime;
- 2) l'inesistenza di inagibilità totale/parziale, anche a seguito delle verifiche effettuate dopo gli eventi sismici verificatisi nel Lazio tra il 2016 e gennaio 2017.

Ronciglione, 3 marzo 2017

REGIONE LAZIO DIREZIONE REGIONALE INFRASTRUTTURE, AMBIENTE E POLITICHE ABITATIVE AREA GENIO CIVILE LAZIO NORD - UFFICIO DI VITERBO
- 7 MAR 2017
Prot. <u>118973</u> serv. _____

R.U.P.  
Arch. Nicoletta Gasperini



OS