

# SCUOLA MATERNA STATALE "ANDERSEN" E SCUOLA ELEMENTARE "MONTALE"

E1329

VIA DEI LANDI n° 19

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**SCUOLA MATERNA STATALE “ANDERSEN” E  
SCUOLA ELEMENTARE “MONTALE”  
E1329**

**VIA DEI LANDI n° 19**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile /2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

IQS srl

Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero

T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) [info@iqssrl.eu](mailto:info@iqssrl.eu)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data       | Realizzazione       | Revisione          | Approvazione       | Descrizione  |
|-----------|------------|---------------------|--------------------|--------------------|--|
| A         | 02/03/2018 | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Elisa Bezzone | Ing. Fabio Gianola | Prima Pubblicazione                                  |
| B         | 23/04/2018 | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Elisa Bezzone | Ing. Fabio Gianola | Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018 |
| C         | 25/05/2018 | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Elisa Bezzone | Ing. Fabio Gianola | Revisione Figura 3.2                                 |
| D         | 21/06/2018 | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Elisa Bezzone | Ing. Fabio Gianola | Revisione come richiesto dalla PA in data 20/06/2018 |

Nell'ambito del servizio di Audit e Diagnosi Energetica, denominato Fondo Kyoto - Scuola 3, il presente documento si pone l'obiettivo di supportare la redazione del rapporto di diagnosi energetica attraverso la predisposizione di un modello di relazione standardizzato. Qualsiasi parere, suggerimento d'investimento o giudizio su fatti, persone o società contenuti all'interno di questo documento è di esclusiva responsabilità del soggetto terzo che lo utilizza per emanare tale parere, suggerimento o giudizio.

Il Comune di Genova non si assume alcuna responsabilità per le conseguenze che possano scaturire da qualsiasi uso di questo documento da parte di terzi. Questo documento contiene informazioni riservate e di proprietà intellettuale esclusiva. E' vietata la riproduzione totale o parziale, in qualsiasi forma o mezzo e di qualsiasi parte del presente documento senza l'autorizzazione scritta da parte del Comune di Genova.

## INDICE

## PAGINA

|   |           |
|---|-----------|
| <b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>  | <b>I</b>  |
| <b>1 INTRODUZIONE .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 PREMessa .....  | 1         |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....   | 1         |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....   | 2         |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....  | 2         |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....   | 3         |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....  | 6         |
| <b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>  | <b>7</b>  |
| 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....   | 7         |
| 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....                                  | 7         |
| 2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI .....         | 8         |
| 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO .....  | 10        |
| <b>3 DATI CLIMATICI .....</b>   | <b>12</b> |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....  | 12        |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI.....   | 13        |
| 3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....                      | 13        |
| <b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>  | <b>15</b> |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....                                     | 15        |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....  | 15        |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....  | 17        |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....         | 18        |
| 4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....  | 18        |
| 4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....  | 19        |
| 4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....  | 19        |
| 4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....  | 21        |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....                   | 21        |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....           | 22        |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....                          | 22        |
| 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....           | 22        |
| 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....                                      | 23        |
| 4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE ..... | 23        |
| <b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>   | <b>24</b> |
| 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....   | 24        |
| 5.1.1 <i>Energia termica</i> .....  | 24        |
| 5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....  | 27        |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....  | 33        |
| <b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>   | <b>38</b> |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....                              | 38        |
| 6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....  | 39        |
| 6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....  | 40        |
| 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....  | 41        |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....   | 43        |
| <b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>   | <b>46</b> |
| 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....  | 46        |
| 7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....  | 46        |
| 7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....  | 49        |
| 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....  | 52        |



|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 7.3   | COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....                          | 52        |
| 7.4   | BASELINE DEI COSTI.....  | 53        |
| <b>8</b>  | <b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>                     | <b>54</b> |
| 8.1   | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....       | 54        |
| 8.1.1   | <i>Involucro edilizio</i> .....  | 54        |
| 8.1.2   | <i>Impianto riscaldamento</i> .....  | 58        |
| 8.1.3   | <i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....                                 | 62        |
| 8.1.4   | <i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....                         | 62        |
| 8.1.5   | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....                           | 62        |
| 8.1.6   | <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....                              | 64        |
| <b>9</b>  | <b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>  | <b>65</b> |
| 9.1   | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....      | 65        |
| 9.2   | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI ..... | 70        |
| 9.3   | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....  | 77        |
| 9.3.1   | <i>Scenario 1: EEM1+EEM5</i> .....   | 80        |
| 9.3.2   | <i>Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM5</i> .....  | 85        |
| <b>10</b>   | <b>CONCLUSIONI .....</b>   | <b>91</b> |
| 10.1  | RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....                                 | 91        |
| 10.2  | RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....               | 91        |
| 10.3  | CONCLUSIONI E COMMENTI.....  | 91        |
| <b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>          |  | <b>A</b>  |
| <b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>   |  | <b>A</b>  |
| <b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>                         |  | <b>1</b>  |
| <b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b> |  | <b>2</b>  |
| <b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>                      |  | <b>5</b>  |
| <b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>                                |  | <b>6</b>  |
| <b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>                     |  | <b>7</b>  |
| <b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>                                     |  | <b>1</b>  |
| <b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>   |  | <b>1</b>  |
| <b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>  |  | <b>1</b>  |
| <b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>   |  | <b>1</b>  |
| <b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>                     |  | <b>1</b>  |
| <b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>                                      |  | <b>1</b>  |
| <b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>  |  | <b>A</b>  |

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO   | U.M.                      | VALORE   |
|---|---------------------------|--|
| Anno di costruzione edificio                            |                           | 1.700  |
| Anno di ristrutturazione                                |                           | -  |
| Zona climatica  |                           | D  |
| Destinazione d'uso                                      |                           | E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili |
| Superficie utile riscaldata                             | [m <sup>2</sup> ]         | 1.376  |
| Superficie disperdente (S)                              | [m <sup>2</sup> ]         | 2.085  |
| Volume lordo riscaldato (V)                             | [m <sup>3</sup> ]         | 5.937  |
| Rapporto S/V  | [1/m]                     | 0,35   |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m <sup>2</sup> ]         | 2.033  |
| Superficie lorda aree esterne                           | [m <sup>2</sup> ]         | 1.754  |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)  | [m <sup>2</sup> ]         | 3.786  |
| Tipologia generatore riscaldamento                      |                           | Caldaia a basamento  |
| Potenza totale impianto riscaldamento                   | [kW]                      | 370  |
| Potenza totale impianto raffrescamento                  | [kW]                      | -  |
| Tipo di combustibile                                    |                           | Gas Metano   |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)        |                           | Boiler Elettrico   |
| Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>             | [t/anno]                  | 28,64  |
| Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>        | [kWh <sub>th</sub> /anno] | 78.870   |
| Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>                 | [€/anno]                  | 6.554  |
| Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup> | [kWh <sub>el</sub> /anno] | 27.218   |
| Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>          | [€/anno]                  | 5.611  |

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: relamping
- EEM 2: sostituzione del generatore di calore con poma di calore elettrica ed installazione delle termovalvole
- EEM 3: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia
- EEM 4: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con polistirene
- EEM 5: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole
- SCN 1: EEM1 + EEM5
- SCN 2: EEM1 + EEM3 + EEM5

Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

|       | CON INCENTIVI       |                        |                          |                             |                             |              |               |               |             |            |            |           |      |      |
|-------|---------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------|------|------|
|       | % $\Delta E$<br>[%] | % $\Delta CO_2$<br>[%] | $\Delta C_E$<br>[€/anno] | $\Delta C_{MO}$<br>[€/anno] | $\Delta C_{MS}$<br>[€/anno] | $I_0$<br>[€] | TRS<br>[anni] | TRA<br>[anni] | n<br>[anni] | VAN<br>[€] | TIR<br>[%] | IP<br>[-] | DSCR | LLCR |
| EEM 1 | 8%                  | 7%                     | 929                      | 0                           | 0                           | 8.822        | 10,12         | 11,61         | 8           | -2.827     | -6%        | -0,32     |      |      |
| EEM 2 | 36%                 | 38%                    | 4.319                    | 1.521                       | 1.618                       | 61.391       | 3,72          | 4,29          | 15          | 51.306     | 19%        | 0,84      |      |      |
| EEM 3 | 17%                 | 18%                    | 2.545                    | 0                           | 0                           | 21.769       | 6,53          | 7,98          | 30          | 21.689     | 13%        | 1,00      |      |      |
| EEM 4 | 17%                 | 17%                    | 2.052                    | 0                           | 0                           | 6.926        | 2,65          | 2,86          | 30          | 29.750     | 34,02%     | 4,30      |      |      |
| EEM 5 | 24%                 | 25%                    | 2.950                    | 1.521                       | 1.618                       | 30.834       | 3,55          | 3,90          | 15          | 40.259     | 23%        | 1,31      |      |      |
| SCN 1 | 32%                 | 32%                    | 3.859                    | 1.529                       | 1.625                       | 39.655       | 2,08          | 2,38          | 15          | 12.729     | 52%        | 0,32      | 1,4  | 1,6  |
| SCN 2 | 34%                 | 35%                    | 4.157                    | 1.529                       | 1.625                       | 61.424       | 2,76          | 3,20          | 25          | 15.389     | 36%        | 0,25      | 1,2  | 1,9  |

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

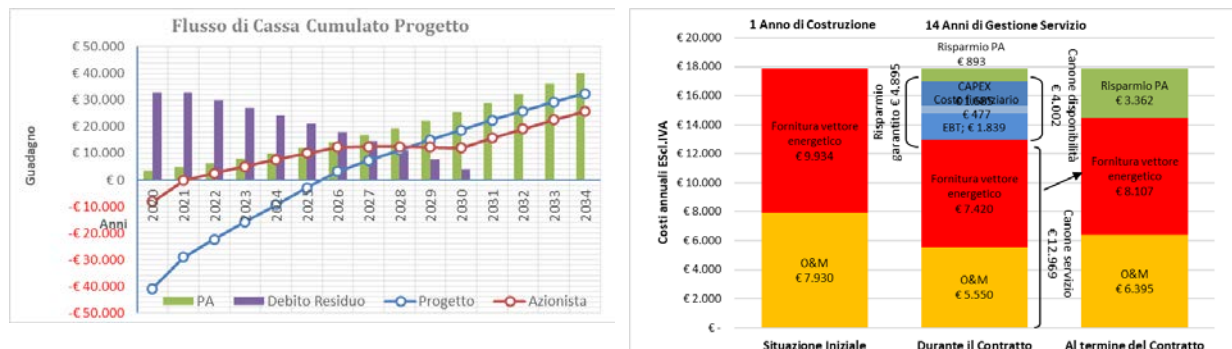
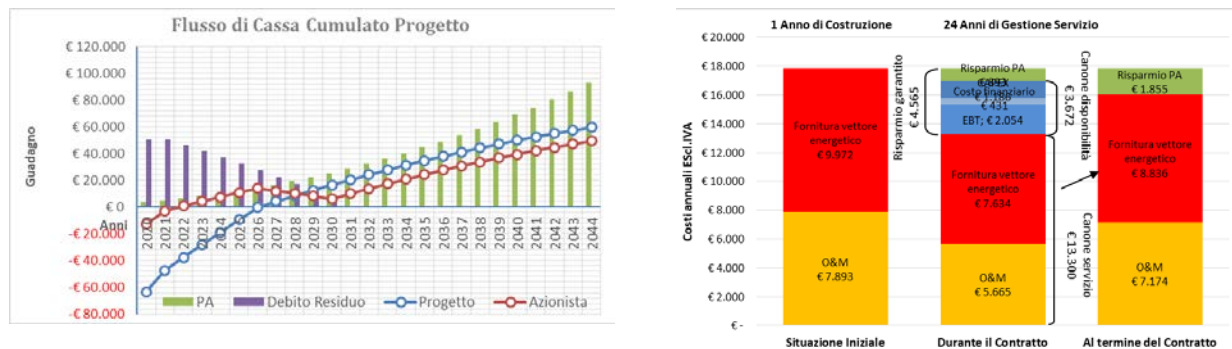


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l’involucro sia l’impianto nel rispetto dei vincoli dell’edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Lo scenario 1 (SNC1) non prevede il salto di classe energetica mediante relamping e sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole.

Lo scenario 2 (SNC2) non prevede il salto di classe energetica mediante isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia, relamping e sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1; solo lo scenario 1 presenta DSCR maggiore di 1,3.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre il gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l'amministrazione ha pertanto partecipato al bando ministeriale denominato “Fondo Kyoto Scuole 3” attraverso il quale, con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l'elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

Nell'attività di realizzazione delle DE si è fatto riferimento alla normativa tecnica ed alla legislazione riportata al Capitolo 3 del Capitolato Tecnico per la “Procedura aperta per l'affidamento del servizio di audit e diagnosi energetiche relative agli edifici scolastici di proprietà del comune di Genova finanziate ai sensi dell'ex art.9 del d.l. 91/2014 “interventi urgenti per l'efficientamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici”, (fondo Kyoto) - lotti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9”

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

Per DE del sistema edificio-impianto s'intende pertanto una procedura sistematica finalizzata alla conoscenza degli usi finali di energia con l'individuazione e l'analisi delle eventuali inefficienze o criticità energetiche di un edificio e degli impianti presenti al suo interno.

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

La DE è, inoltre, il principale strumento per la valutazione della fattibilità tecnica ed economica di **misure di miglioramento dell'efficienza energetica (Energy Efficiency Measures - EEM)** negli edifici e rappresenta un valido punto di partenza per la realizzazione di **contratti di prestazione energetica (Energy Performance Contract – EPC)**.

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Sud-Est





### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

In Tabella 1.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

| NOME E COGNOME                                | RUOLO                  | ATTIVITÀ SVOLTA  |
|---|------------------------|--|
| Ing. Elena Mazzucco<br>Ing. Vittoria Citterio |                        | Sopralluogo in sito  |
| Ing. Elena Mazzucco                           |                        | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici   |
| Ing. Elena Mazzucco                           |                        | Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico                      |
| Geom. Silvano Roberto                         |                        | Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico |
| Ing. Elena Mazzucco                           |                        | Redazione report di diagnosi energetica  |
| Ing. Elena Mazzucco                           | Responsabile involucro | Revisione report di diagnosi energetica  |
| Ing. Elisa Bezzone                            | Responsabile impianti  | Revisione report di diagnosi energetica  |
| Ing. Fabio Gianola                            | EGE                    | Approvazione report di diagnosi energetica   |

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU<sup>1</sup>, Sez. SAM, foglio 39, Mappale 15, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito in parte a scuola materna ed in parte a scuola elementare.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell'edificio.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO                    | U.M. | VALORE   |
|------------------------------|------|--|
| Anno di costruzione edificio |      | 1.700  |
| Anno di ristrutturazione     |      | -  |
| Zona climatica               |      | D  |
| Destinazione d'uso           |      | E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili |

<sup>1</sup> Si rileva che la visura catastale riporta una categoria errata in quanto lo classifica come B1 invece che B5. Si rileva inoltre indirizzo errato in quanto segnato in via Currò 23 invece che in via dei Landi 19.

|   |                           |                     |
|---|---------------------------|---------------------|
| Superficie utile riscaldata                             | [m <sup>2</sup> ]         | 1.376               |
| Superficie disperdente (S)                              | [m <sup>2</sup> ]         | 2.085               |
| Volume lordo riscaldato (V)                             | [m <sup>3</sup> ]         | 5.937               |
| Rapporto S/V  | [1/m]                     | 0,35                |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m <sup>2</sup> ]         | 2.033               |
| Superficie lorda aree esterne                           | [m <sup>2</sup> ]         | 1.754               |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)  | [m <sup>2</sup> ]         | 3.786               |
| Tipologia generatore riscaldamento                      |                           | Caldaia a basamento |
| Potenza totale impianto riscaldamento                   | [kW]                      | 370                 |
| Potenza totale impianto raffrescamento                  | [kW]                      | -                   |
| Tipo di combustibile                                    |                           | Gas Metano          |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)        |                           | Boiler Elettrico    |
| Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>             | [t/anno]                  | 28,64               |
| Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>        | [kWh <sub>th</sub> /anno] | 78.870              |
| Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>                 | [€/anno]                  | 6.554               |
| Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup> | [kWh <sub>el</sub> /anno] | 27.218              |
| Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>          | [€/anno]                  | 5.611               |

Nota (1): Valori di Baseline

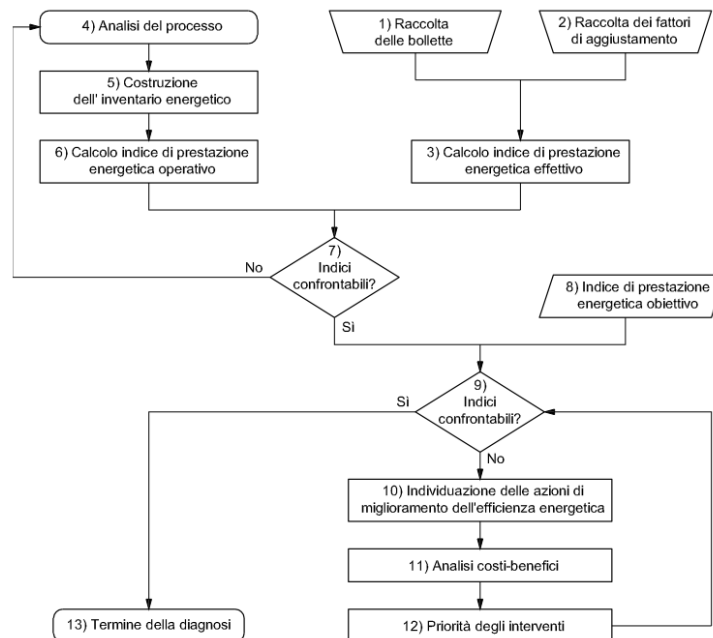
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

La procedura di realizzazione della DE si è sviluppata nelle seguenti fasi operative:

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 28/11/2018 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);

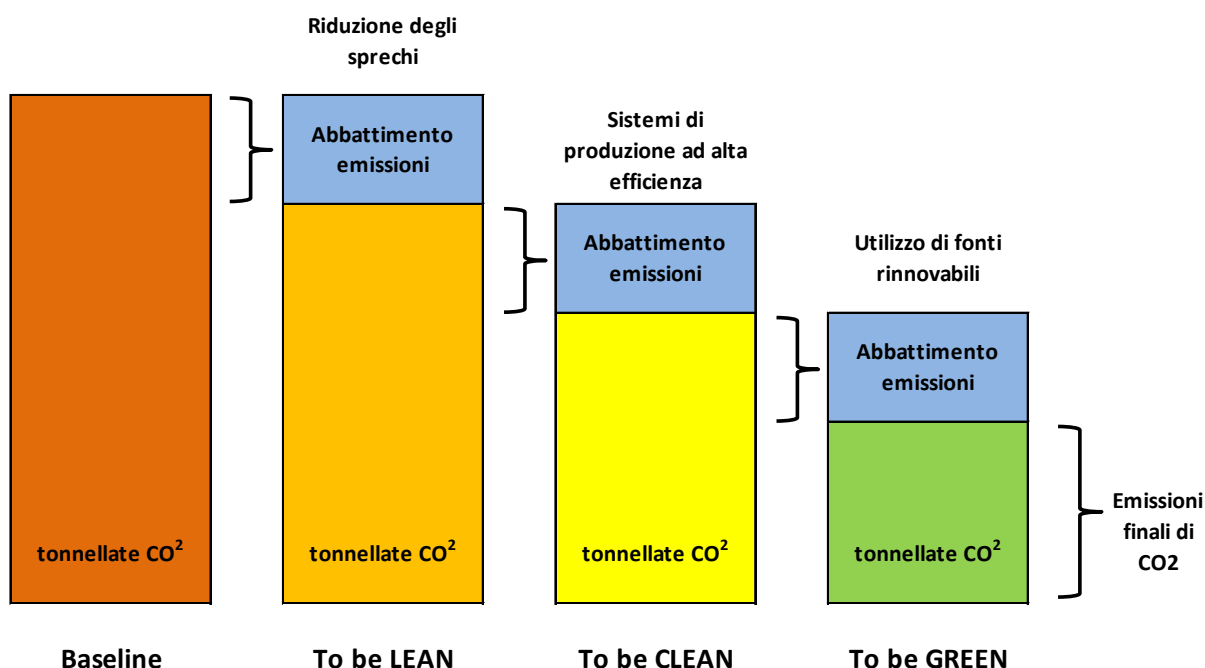
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una EScO;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 1.4

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, secondo tre livelli consequenziali:

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetico primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

Inoltre per i soli scenari ottimali, si è provveduto alla formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo (PEF) ed alla valutazione della sostenibilità finanziaria, utilizzando i seguenti indicatori di bancabilità:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo;
- LLCR (Loan Life Cover Ratio) medio di periodo.

La definizione di bancabilità delle EEM viene associata agli scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Si è poi individuata una possibile tipologia di contratto che potesse rendere realizzabili le EEM identificate, ipotizzando la partecipazione di ESCo attraverso l'utilizzo di contratti EPC.

Dal punto di vista dell'individuazione dei capitali per la realizzazione delle misure, si è invece posta l'attenzione sulle varie alternative finanziarie, individuando nel **Finanziamento Tramite Terzi (FTT)** una valida opportunità, nel caso in cui la PA non abbia le risorse necessarie a sostenere gli investimenti per la riqualificazione energetica dell'edificio.

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

Il presente rapporto di DE, con riferimento all'Appendice J della norma UNI CEI EN 16247-2:2014, è stato articolato nelle seguenti parti:

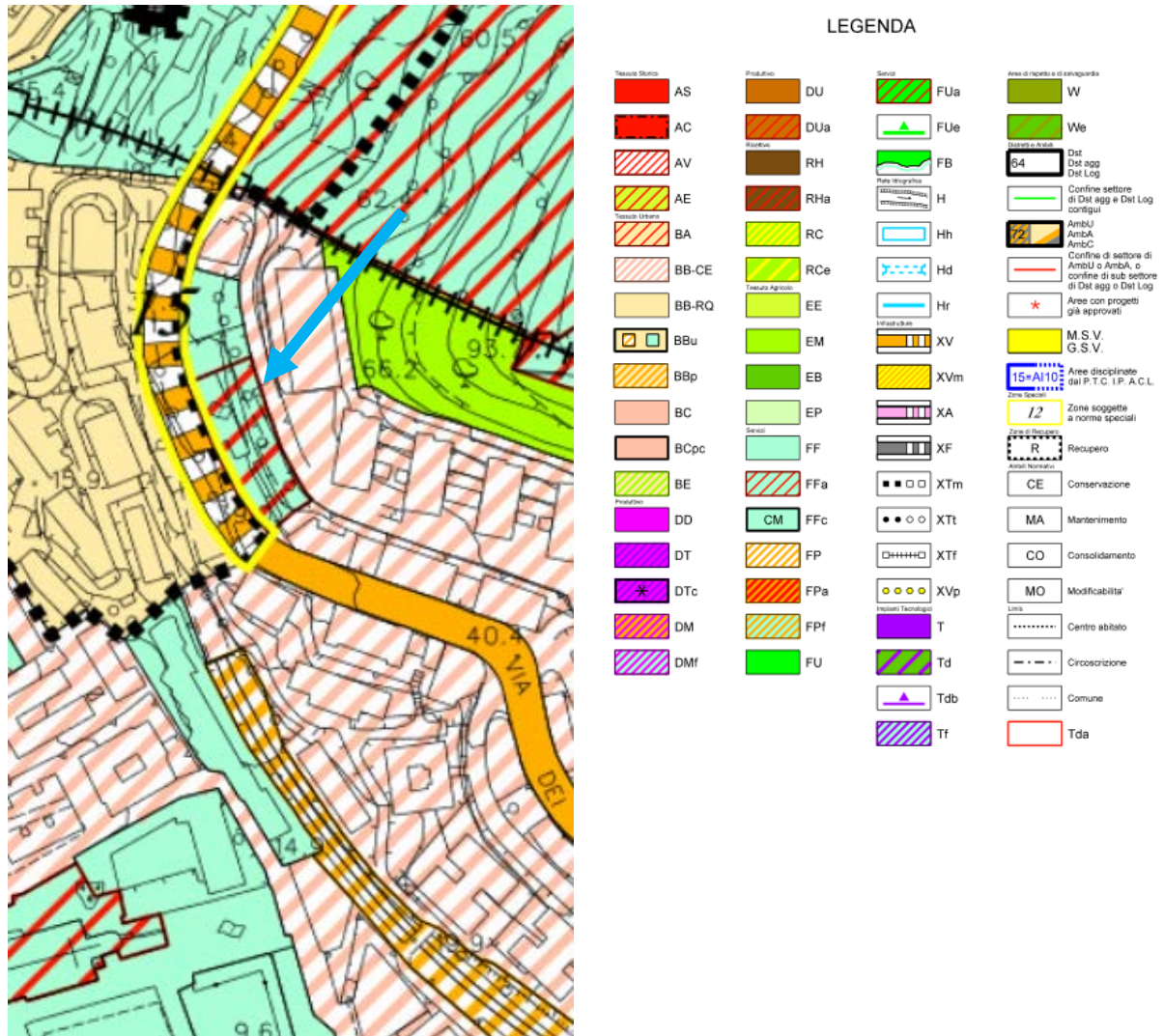
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei componenti del sistema edificio-impianto.
- Una terza parte contenente l'analisi dei consumi storici dell'edificio oggetto della DE, con la conseguente identificazione degli indici di prestazione energetica effettivi;
- Una quarta parte relativa alla definizione del modello energetico, e del procedimento di convalida dello stesso, al fine di renderlo conforme a quanto identificato nell'analisi dei consumi storici;
- Una quinta parte in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed i costi delle EEM proposte e gli scenari ottimali, individuabili tramite la valutazione dei risultati dell'analisi economico-finanziaria.
- Una parte conclusiva contenente i risultati dell'analisi ed i suggerimenti dell'Auditor per l'attuazione degli scenari proposti da parte della PA, definendo le opportune priorità di intervento.

## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF, zona destinata a “servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale”, sottoambito FFa “ambito soggetto a controllo ambientale”.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



### 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO

L'amministrazione comunale riferisce che l'edificio è risalente al 1700 e la data risulta coerente con quanto rilevato durante il sopralluogo.

Durante il sopralluogo il personale scolastico non ha saputo riferire di ristrutturazioni all'edificio.

Ai fini dell'esecuzione degli interventi di efficientamento energetico non sarà comunque necessario apportare varianti agli strumenti urbanistici né provvedere ad espropri o a variazioni di proprietà.

L’edificio è frequentato giornalmente da 90 bimbi della materna, 140 delle elementari e 27 adulti tra bidelli, maestri ed educatori.

Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell’edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell’edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie attività scolastiche ed accessorie.

Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d’uso delle varie aree e le relative superfici.

Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato B – Elaborati.

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio (Fonte: Google Earth)

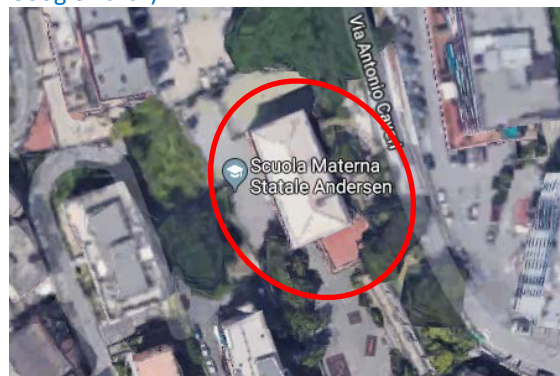


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

| PIANO      | UTILIZZO  | U.M.              | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup> | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup> | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup> |
|------------|---|-------------------|---|--|---|
| Terra      | Atrio, cucina, refettorio, palestra e locali accessori -materna | [m <sup>2</sup> ] | 505,25                                      | 404,9                                      | 0,00  |
| Ammezzato  | Refettorio elementari, aule e locali accessori materna          | [m <sup>2</sup> ] | 381,71                                      | 323,7                                      | 0,00  |
| Primo      | Aule e locali accessori elementari                              | [m <sup>2</sup> ] | 381,71                                      | 323,9                                      | 0,00  |
| Secondo    | Aule e locali accessori elementari                              | [m <sup>2</sup> ] | 381,71                                      | 323,7                                      | 0,00  |
| sottotetto | -   | [m <sup>2</sup> ] | 381,71                                      | 0,00                                       | 0,00  |
| TOTALE     |   | [m <sup>2</sup> ] | 2.032,09                                    | 1.376,20                                   | 0,00  |

Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

## 2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI

Dal punto di vista storico, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un’importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l’edificio che ospita la scuola risulta vincolato da un punto di vista architettonico ed inserito in un’area vincolata da un punto di vista paesaggistico

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti ed il risultato è riportato nella tabella 2.2.

Non si identificano inoltre interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



#### Vincolo Architettonico

Provincia GE  
 Data di Aggiornamento 22/04/2015  
 Comune GENOVA  
 Zona di Genova SAMPIERDARENA  
 Codice Monumentale 14  
 Codice NCTN 07/00108305  
 Descrizione Palazzo Pallavicini Currò  
 Anno di vincolo 1995  
 Note Via Currò 23 - Integrazione al decreto del 1934  
 Decreto 00108305  
 Stralcio cartografico 00108305\_sc  
 Foto 0700108305\_fta41919.jpg

#### Vincolo Paesistico Bellezza d'insieme




Codice vincolo 070195  
 Numero Progressivo per Comune 1  
 Oggetto del Vincolo AREE SOPRASTANTI IL PIAZZALE BELVEDERE NEL COMUNE DI GENOVA - SAMPIERDARENA  
 Tipo Decreto Decreto Ministeriale  
 Data del decreto 11/12/1956  
 Tipo di Pubblicazione Gazzetta Ufficiale  
 Numero di pubblicazione 321  
 Data pubblicazione 21/12/1956  
 Grado identificazione identificabile con precisione  
 Zona Soprintendenza SANPIERD'ARENA  
 Decreto 070195  
 Stralcio cartografico 070195\_sc



Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

| MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA  | VINCOLO INTERESSATO                      | VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup> | MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE   |
|--|--|---|--|
| EEM 1: relamping   | Storico – Architettonico                 |   | Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici |
| EEM 2: sostituzione generatore di calore con pompa di calore elettrica ed installazione termovalvole | -  |   | -  |
| EEM 3: isolamento terrazzo di copertura e solaio sottotetto con lana di roccia                       | Storico – Architettonico / paesaggistico |   | Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici |
| EEM 3: isolamento terrazzo di copertura e solaio sottotetto con polistirene                          | Storico – Architettonico / paesaggistico |   | Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici |
| EEM 5: sostituzione generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole   | -  |   | -  |

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

|   |   |
|---|---|
|  | Non perseguibile  |
|  | Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate |
|  | Interferenza nulla                                      |

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

## 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell’edificio (7:15-18:00), intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all’interno dell’edificio scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati desunti dalle informazioni fornite dal personale scolastico presente durante il sopralluogo che ha descritto l’edificio già caldo alle 17:15 ed ancora probabilmente in fase di spegnimento intorno alle 18:00 anche se iniziando le operazioni di pulizia alle 16:30 non si rendono pienamente conto della temperatura effettiva. La gestione calore infine dichiara 11 ore di accensione dell’impianto.

Durante il sopralluogo il personale non era a conoscenza tuttavia delle temperature di settaggio del riscaldamento.

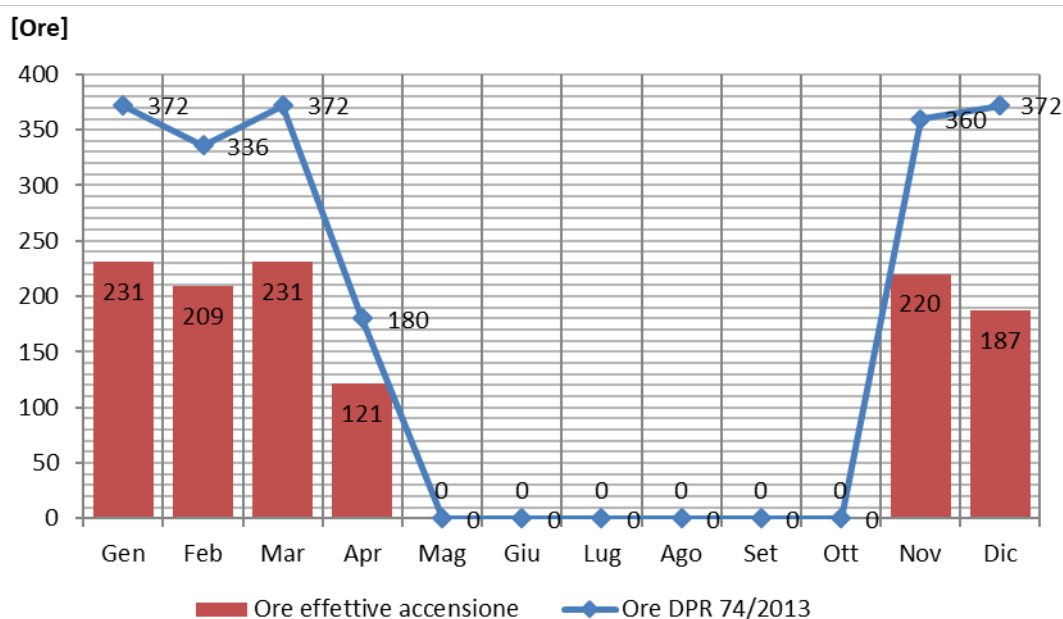
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell’edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segna l’inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto i professori ed i maestri utilizzano l’edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell’anno scolastico.

Tabella 2.3 – Orari di funzionamento dell’edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

| PERIODO  | GIORNI SETTIMENALI    | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO   | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|--|-----------------------|---|-------------------------------|
| “SCUOLA MATERNA STATALE “ANDERSEN” E SCUOLA ELEMENTARE “MONTALE” |                       |   |                               |
| Dal 1 Settembre al 30 Giugno                                     | dal lunedì al venerdì | 8:00-16:30 (orario scolastico)<br>7:15 – 18:00 (bidelli/personale docente presene in struttura) | 6:00-17:00                    |

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’impianto termico



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di presenza degli utenti nella struttura ma si protraggono anche durante la fase delle pulizie in cui le finestre vengono lasciate aperte. Un efficientamento gestionale importante sarebbe quello di tarare l’accensione e lo spegnimento dell’impianto in base alle reali esigenze dell’utenza.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi.

Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

Precedentemente era presente un altro contratto, di “Fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova”, di durata 3 anni.

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

L'edificio oggetto della DE è ubicato nel Comune di Genova, il quale ricade nella zona climatica D, a cui corrispondono 1435 **Gradi Giorno(GG)** (D.P.R. 412/93 - allegato A) ed una stagione di funzionamento degli impianti di riscaldamento compresa tra il 1 Novembre e il 15 Aprile con un periodo di accensione consentito degli impianti di 12 ore al giorno (DPR 74/2013).

Le medie mensili delle temperature esterne medie giornaliere caratteristiche del Comune, così come definite dalla norma UNI 10349:2016, sono riportate nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Temperature esterne giornaliere medie mensili [°C] (UNI 10349:2016)

| GEN  | FEB  | MAR  | APR  | MAG  | GIU  | LUGL | AGO  | SET  | OTT  | NOV  | DIC  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10,4 | 10,5 | 11,1 | 15,3 | 18,7 | 22,4 | 24,6 | 23,6 | 22,2 | 18,2 | 13,3 | 10,0 |

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 1421 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>rif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG<sub>rif</sub>

| Mese          | GIORNI MENSILI | TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C] | GIORNI RISCALDAMENTO [g/m] | GG             | GIORNI DI UTILIZZO [g/m] | GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m] | GG <sub>rif</sub> | PROFILO DI INCIDENZA |
|---------------|----------------|---|----------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Gennaio       | 31             | 10,4                                    | 31                         | 201,60         | 21                       | 21                                   |                   | 22%                  |
| Febbraio      | 28             | 10,5                                    | 28                         | 180,50         | 19                       | 19                                   |                   | 19%                  |
| Marzo         | 31             | 11,1                                    | 31                         | 186,90         | 21                       | 21                                   |                   | 20%                  |
| Aprile        | 30             | 15,3                                    | 15                         | 55,74          | 20                       | 11                                   |                   | 6%                   |
| Maggio        | 31             | 18,7                                    | -                          | -              | 21                       | 0                                    |                   | -                    |
| Giugno        | 30             | 22,4                                    | -                          | -              | 20                       | 0                                    |                   | -                    |
| Luglio        | 31             | 24,6                                    | -                          | -              | 20                       | 0                                    |                   | -                    |
| Agosto        | 31             | 23,6                                    | -                          | -              | 0                        | 0                                    |                   | -                    |
| Settembre     | 30             | 22,2                                    | -                          | -              | 20                       | 0                                    |                   | -                    |
| Ottobre       | 31             | 18,2                                    | -                          | -              | 21                       | 0                                    |                   | -                    |
| Novembre      | 30             | 13,3                                    | 30                         | 134,00         | 20                       | 20                                   |                   | 14%                  |
| Dicembre      | 31             | 10,0                                    | 31                         | 170,00         | 17                       | 17                                   |                   | 18%                  |
| <b>TOTALE</b> | <b>365</b>     | <b>16,7</b>                             | <b>166</b>                 | <b>928,741</b> | <b>220</b>               | <b>109</b>                           |                   | <b>100%</b>          |

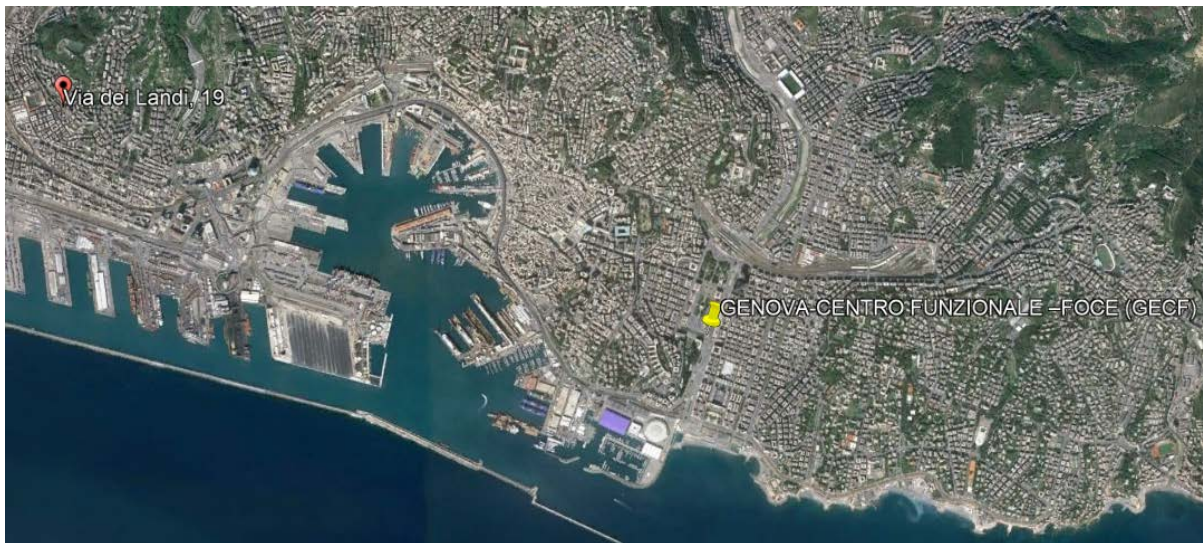
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle caratteristiche climatiche della zona.

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo GENOVA-CENTRO FUNZIONALE – FOCE (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all’edificio oggetto di DE.

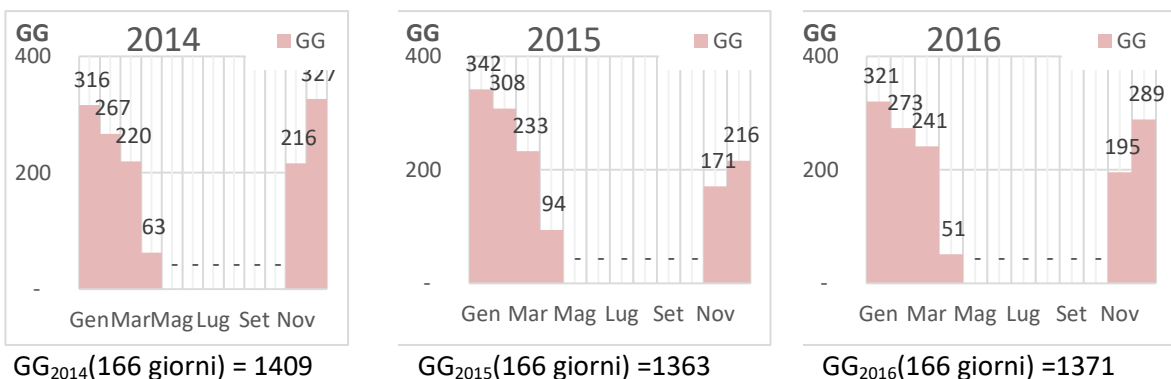
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



### 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 - 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento



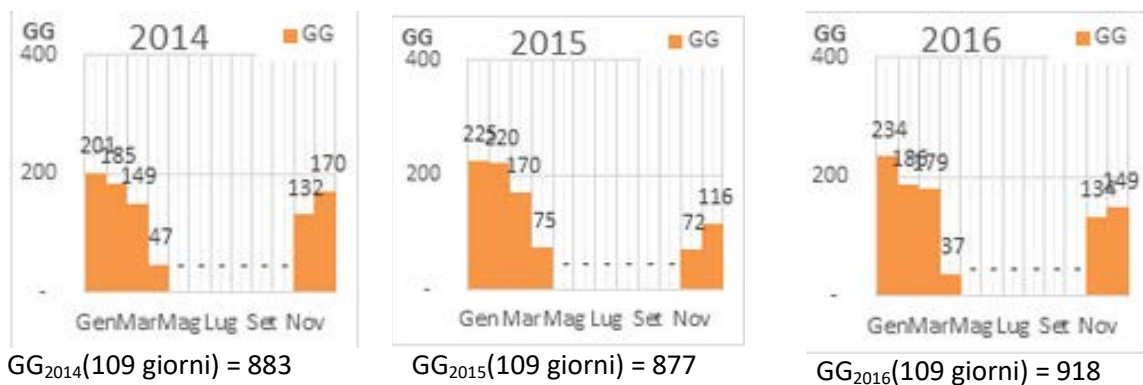
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione

del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

I GG così calcolati definiscono i  $GG_{real}$  ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG reali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l’andamento dei GG risulta differente per il triennio. In particolar modo nel 2014 sono state registrate temperature vicine alla temperatura interna rispetto agli anni 2015 e 2016.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

### 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura portante in mattoni pieni di vario spessore che in alcuni punti supera anche il metro. Questa tipologia strutturale incide notevolmente sul comportamento termico della struttura che viene caratterizzata da una profonda inerzia termica sia nel periodo primaverile/estivo che in quello invernale.

I solai di copertura sono presumibilmente in laterizio di spessore non elevato e confinano uno, il maggiore a livello di estensione, verso il sottotetto non riscaldato, ed l'altro (corrispondente con il terrazzo del piano primo) verso esterno.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica, non è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso. Inoltre interventi su un involucro verticale opaco di questo tipo, nella zona climatica in oggetto, risulterebbero effettivamente poco importanti a differenza di interventi sui solai di copertura.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir E8.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

l'edificio è caratterizzato dall'assenza di eclatanti dispersioni localizzate se non leggere dispersioni in corrispondenza dei ponti termici e delle pareti a spessore minore e a maggior trasmittanza.

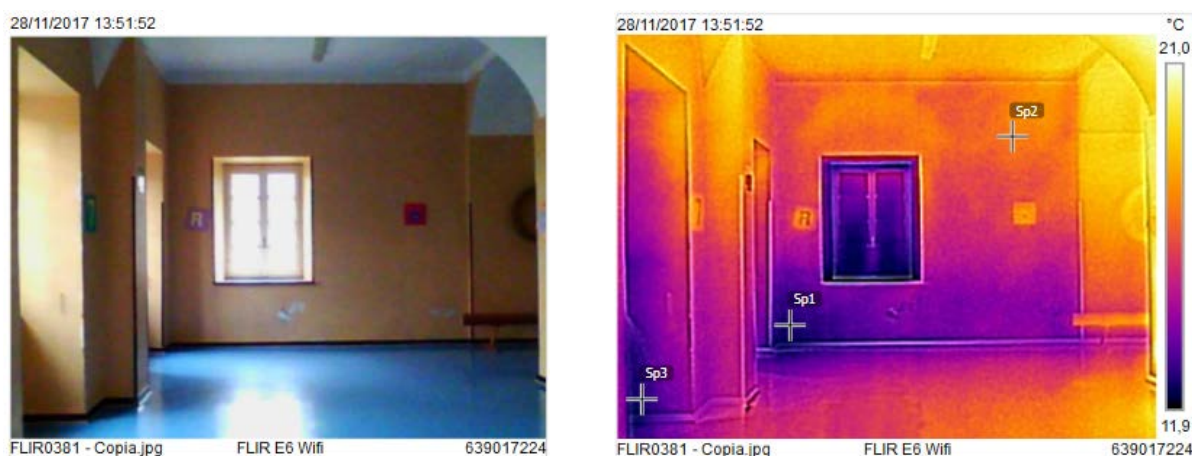
Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro del piano primo esposto a Sud-Est.



Figura 4.2 - Particolare terrazzo



Figura 4.3 – Rilievo termografico interno – locale palestra piano terra ala sinistra.



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

| TIPO DI COMPONENTE   | CODICE | SPESSORE<br>[cm] | ISOLAMENTO | TRASMITTANZA TERMICA<br>[W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|----------------------|--------|------------------|------------|---------------------------------|------------------------|
| Copertura            | COP1   | 30               | Assente    | 1,49                            | Buono                  |
| Parete verticale     | M1     | 70               | Assente    | 1,05                            | Sufficiente            |
| Parete verticale     | M2     | 87               | Assente    | 0,87                            | Sufficiente            |
| Parete verticale     | M3     | 100              | Assente    | 0,78                            | Sufficiente            |
| Parete verticale     | M4     | 264              | Assente    | 0,32                            | Sufficiente            |
| Parete verticale     | M5     | 60               | Assente    | 1,19                            | Sufficiente            |
| Parete verticale ZNR | M6     | 100              | Assente    | 0,73                            | Sufficiente            |
| Solaio su terreno    | SOL1   | 35               | Assente    | 1,7                             | Buono                  |
| Soffitto interno     | P2     | 29               | Assente    | 1,87                            | Sufficiente            |
| Soffitto interno     | P3     | 29               | Assente    | 1,87                            | Sufficiente            |
| Soffitto su ZNR      | P4     | 25,5             | Assente    | 1,73                            | Sufficiente            |

L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell'Allegato J – Schede di audit.

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti originali con telaio in legno e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è appena sufficiente, pertanto si generano infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti, causando dispersioni termiche e creando un discomfort agli utenti presenti all’interno dell’edificio.

Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Presenza di dispersioni di calore dal telaio dei serramenti originali
- Spessore vetro singolo di 4 mm.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti – piano ammezzato, locale refettorio

28/11/2017 13:49:32



28/11/2017 13:49:32



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

| TIPO DI COMPONENTE   | CODICE | DIMENSIONI [HXL]<br>[cm] | TIPO TELAIO | TIPO VETRO    | TRASMITTANZA TERMICA<br>[W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|----------------------|--------|--------------------------|-------------|---------------|---------------------------------|------------------------|
| Serramento verticale | F1     | 110x240                  | Legno       | Vetro singolo | 4,2                             | Sufficiente/scarso     |
| Lucernario           | F2     | 110x170                  | Legno       | Vetro singolo | 4,15                            | Sufficiente/scarso     |
| Serramento verticale | F3     | 100x130                  | Legno       | Vetro singolo | 2,69                            | Sufficiente/scarso     |
| Serramento verticale | F4     | 110x24                   | Legno       | Vetro singolo | 2,99                            | Sufficiente/scarso     |
| Serramento verticale | F5     | 150x180                  | Legno       | Vetro singolo | 4,24                            | Sufficiente/scarso     |
| Serramento verticale | F6     | 100x100                  | Legno       | Vetro singolo | 3,94                            | Sufficiente/scarso     |



|                      |     |         |       |               |      |                    |
|----------------------|-----|---------|-------|---------------|------|--------------------|
| Serramento verticale | F7  | 100x130 | Legno | Vetro singolo | 2,69 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F8  | 130x90  | Legno | Vetro singolo | 4,2  | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F9  | 60x140  | Legno | Vetro singolo | 3,99 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F10 | 120x160 | Legno | Vetro singolo | 4,22 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F11 | 75x170  | Legno | Vetro singolo | 4,29 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F12 | 100x30  | Legno | Vetro singolo | 3,14 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F13 | 150x90  | Legno | Vetro singolo | 4,13 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F14 | 117x170 | Legno | Vetro singolo | 4,6  | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F15 | 90x100  | Legno | Vetro singolo | 6,35 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F16 | 117x140 | Legno | Vetro singolo | 6,16 | Sufficiente/scarso |
| Serramento verticale | F17 | 307x140 | Legno | Vetro doppio  | 5,24 | Sufficiente/scarso |

L'elenco completo dei componenti dell'involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

## 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale con caldaia a basamento a gas metano e radiatori senza termovalvole.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da [Figura 4.6 - Particolare radiatori -atrio piano terra](#) termosifoni senza valvole termostatiche



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

| ZONA TERMICA    | TIPOLOGIA DI TERMINALE | RENDIMENTO |
|-----------------|------------------------|------------|
| Intero edificio | Radiatori              | 94%        |

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

| PIANO     | TIPO DI INSTALLAZIONE                 | NUMERO | POTENZA TERMICA UNITARIA | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA | POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA | POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA |
|-----------|---------------------------------------|--------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
|           |                                       |        | [kW]                     | [kW]                        | [kW]                         | [kW]                            |
| Terra     | Su parete interna/esterna non isolata | 15     | -                        | 27,76                       | 0,00                         | 0,00                            |
| Ammezzato | Su parete interna/esterna non         | 15     | -                        | 25,54                       | 0,00                         | 0,00                            |

| isolata       |                   |                 |     |           |          |              |             |             |
|---------------|-------------------|-----------------|-----|-----------|----------|--------------|-------------|-------------|
| Primo         | Su parete isolata | interna/esterna | non | 13        | -        | 28,94        | 0,00        | 0,00        |
| Secondo       | Su parete isolata | interna/esterna | non | 13        | -        | 35,26        | 0,00        | 0,00        |
| <b>TOTALE</b> |                   |                 |     | <b>43</b> | <b>-</b> | <b>117,5</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> |

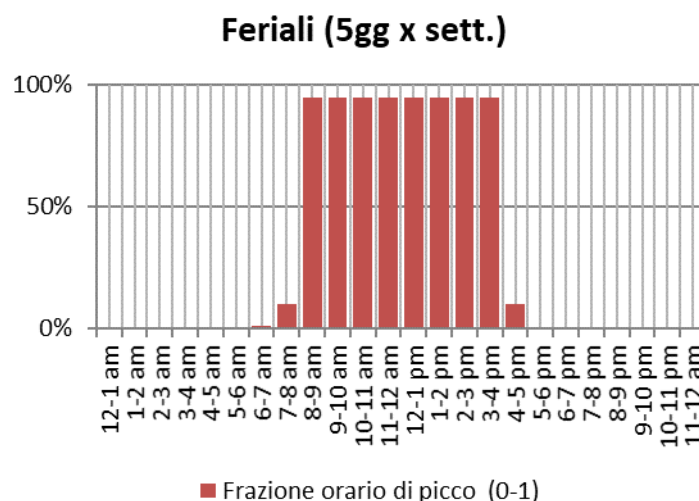
Nota (5): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene da centrale termica ove è presente una sonda climatica. Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non ha saputo fornire informazioni sulle temperature impostate.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto



Il dettaglio dei profili orari di funzionamento, rilevati in sede di sopralluogo, è riportato nella Sezione 12 dell’ Allegato J – Schede di audit.

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

| ZONA TERMICA    | TIPO DI REGOLAZIONE | RENDIMENTO |
|-----------------|---------------------|------------|
| Intero edificio | Climatica           | 90%        |

L’elenco dei componenti del sottosistema di regolazione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell’ Allegato J – Schede di audit.

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una pompa gemellare funzionante in alternanza collegata sulla mandata dell’acqua calda.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito di distribuzione sono riportate nella tabella che segue.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

| NOME                    | SERVIZIO                        | PORTATA <sup>(6)</sup><br>[m <sup>3</sup> /h] | PREVALENZA <sup>(7)</sup><br>[kPa] | POTENZA ASSORBITA <sup>(8)</sup><br>[kW] |
|-------------------------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|
| SALMSON DCX80-50 EG1    | Gemellare - mandata acqua calda | -   | -                                  | 1,7                                      |
| GRUNDFOS UPS 50-30F ES1 | anticondensa                    | -   | -                                  | 0,16                                     |

Nota (6): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (7): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (8): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

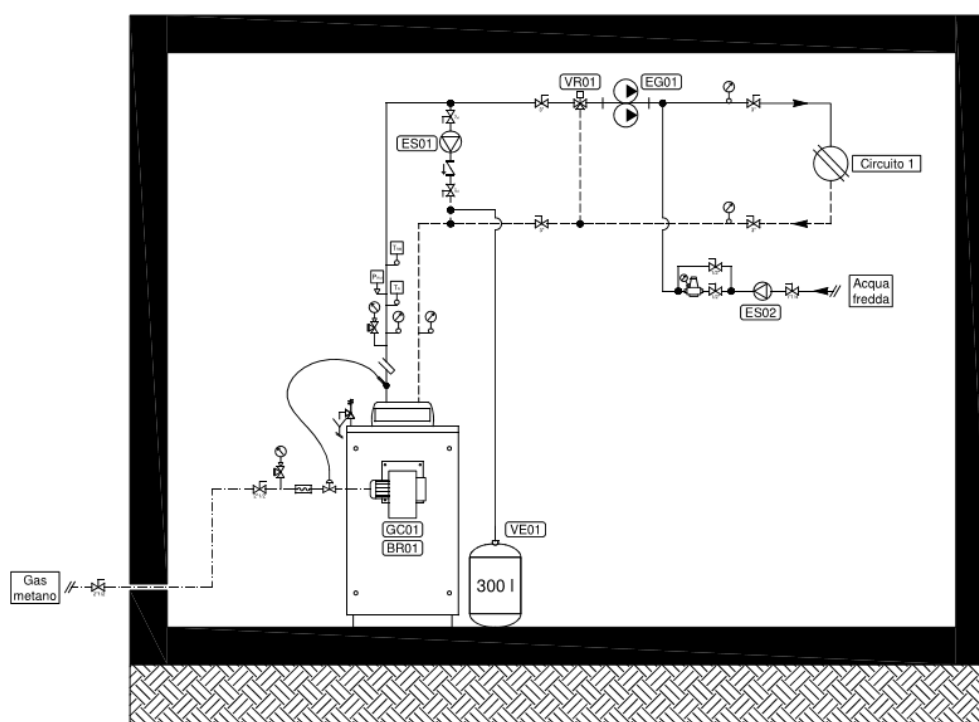
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

| CIRCUITO | TEMPERATURA RILEVATA <sup>(9)</sup><br>°C | TEMPERATURA CALCOLO <sup>(10)</sup><br>°C |
|----------|---|---|
| GEN1     | Mandata Caldo                             | 80  |
|          | Ritorno Caldo                             | 50  |

Nota (9): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Nota (10): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 116-P001-001-centrale termica.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93% (riferimento normativo 11300-2).

L'elenco dei componenti del sottosistema di distribuzione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.4 dell'Allegato J – Schede di audit.

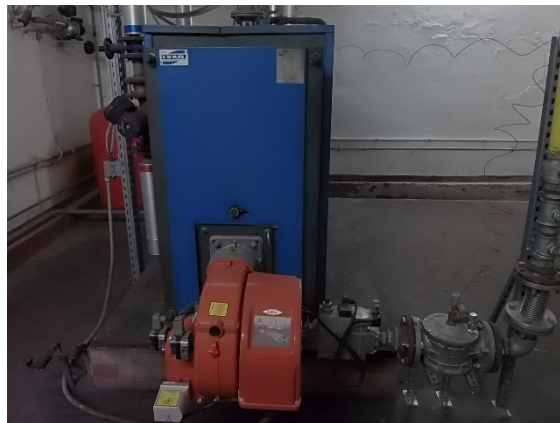
#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento IVAR risalente al 2006 con bruciatore Baltur.

Figura 4.9 - Particolare centrale termica



Figura 4.10 - Particolare caldaia e bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

| SERVIZIO            | MARCA | MODELLO           | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE [kW] | POTENZA TERMICA UTILE [kW] | RENDIMENTO <sup>(11)</sup> | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W] |
|---------------------|-------|-------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Gen 1 Riscaldamento | IVAR  | TRISPAC<br>405 TS | 2006                | 403                      | 370                        | 93,9                       | 690                               |

Nota (11) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 86 %

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 93,9%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell' Allegato J – Schede di audit.

### 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. Nell'edificio è installato un boiler elettrico ad accumulo da 1.200 W.

Figura 4.11 - Particolare del boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 4.9 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria

| SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE | SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE | SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(12)</sup> | SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(12)</sup> | SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE | RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>(13)</sup> |
|----------------------------|-------------------------------|---|--|-----------------------------|---|
| 1%                         | 89 %                          | -   | -  | 75 %                        | 28 %  |

Nota (12): sottosistema non presente

Nota (13): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

L’elenco dei componenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 7 dell’ Allegato J – Schede di audit.

#### 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Impianto non presente

#### 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Impianto non presente

#### 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d’uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

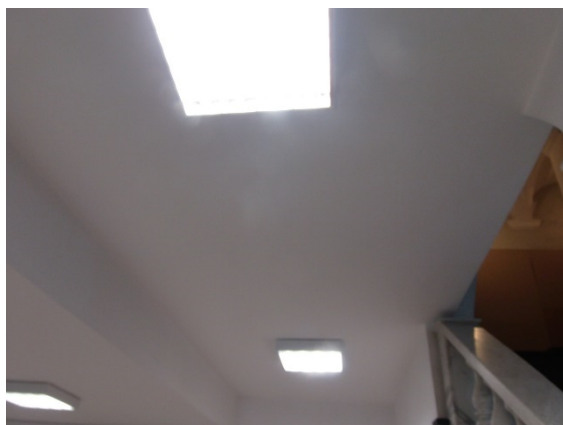
| ZONATERMICA | DESCRIZIONE                  | NUMERO | POTENZA NOMINALE<br>[W] | POTENZA COMPLESSIVA<br>[W] | ORE ANNUE DI UTILIZZO<br>[ore] |
|-------------|------------------------------|--------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Z1-Z2-Z3-Z4 | Stampante da tavolo          | 4      | 350                     | 1.400                      | 20 (9h x 180gg)                |
| Z1-Z2-Z3-Z4 | Stampante multifunzione      | 1      | 675                     | 675                        | 20 (9h x 180gg)                |
| Z1-Z2-Z3-Z4 | Ascensore                    | 1      | 3.500                   | 3.500                      | 20 (9h x 180gg)                |
| Z2          | Distributore bevande e snack | 2      | 1.500                   | 3.000                      | 20 (9h x 180gg)                |
| Z2          | Televisore                   | 1      | 250                     | 250                        | 20 (9h x 180gg)                |
| Z1          | Cappa                        | 1      | 250                     | 250                        | 820 (4,5h x 180gg)             |
| Z1          | Frigorifero                  | 1      | 885                     | 885                        | 8.760 (24h x 365gg)            |
| Z1          | Lavastoviglie                | 1      | 3.000                   | 3.000                      | 1.025 (5,7h x 180 gg)          |
| Z2          | Proiettore                   | 1      | 110                     | 110                        | 20 (9h x 180gg)                |
| Z1-Z2-Z3-Z4 | Stereo                       | 6      | 325                     | 1.950                      | 102 ( 1,8h x 180 gg)           |
| Z2          | Videoregistratore            | 1      | 100                     | 100                        | 20 (9h x 180gg)                |
| Z1          | Frullatore                   | 1      | 250                     | 250                        | 310 ((0,6h x 180 gg)           |

L’elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell’ Allegato J – Schede di audit.

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti di diversa potenza.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE  | NUMERO | POTENZA UNITARIA<br>[W] | POTENZA COMPLESSIVA<br>[W] |
|-------------|--------------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Esterno     | Alogena      | 2      | 80                      | 160                        |
| Esterno     | Alogena      | 4      | 150                     | 600                        |
| Z1          | Fluorescente | 6      | 72                      | 432                        |
| Z1          | Fluorescente | 12     | 18                      | 216                        |
| Z1          | Fluorescente | 11     | 72                      | 792                        |
| Z1          | Fluorescente | 1      | 40                      | 40                         |
| Z1          | Fluorescente | 2      | 116                     | 232                        |
| Z2          | Fluorescente | 10     | 72                      | 720                        |
| Z2          | Fluorescente | 4      | 18                      | 72                         |
| Z2          | Fluorescente | 9      | 72                      | 648                        |
| Z2          | Fluorescente | 2      | 40                      | 80                         |
| Z2          | Fluorescente | 4      | 36                      | 144                        |
| Z2          | Fluorescente | 16     | 116                     | 1.856                      |
| Z3          | Fluorescente | 3      | 18                      | 54                         |
| Z3          | Fluorescente | 31     | 72                      | 2.230                      |
| Z3          | Fluorescente | 6      | 24                      | 144                        |
| Z3          | Fluorescente | 1      | 40                      | 40                         |
| Z3          | Fluorescente | 12     | 18                      | 216                        |
| Z4          | Fluorescente | 1      | 72                      | 72                         |
| Z4          | Fluorescente | 6      | 24                      | 144                        |
| Z4          | Fluorescente | 4      | 58                      | 232                        |
| Z4          | Fluorescente | 20     | 116                     | 2.320                      |

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

#### 4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

Impianto non presente

## 5 CONSUMI RILEVATI

### 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a Gas Metano.

Nella Tabella 5.1 sono riportati i valori di Potere Calorifico Inferiore (PCI) forniti dalla norma UNI TS 11300-2:2014 ed utilizzati ai fini della conversione in kWh.

Tabella 5.1 – Valori di PCI utilizzati ai fini della conversione in kWh

| TIPO COMBUSTIBILE | PCI       | DENSITÀ                | PCI                    | FATTORE DI CONVERSIONE              | PCI                    |
|-------------------|-----------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|
|                   | [kWh/kg]  | [kWh/Sm <sup>3</sup> ] | [kWh/Nm <sup>3</sup> ] | [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ] | [kWh/Sm <sup>3</sup> ] |
| Metano            | n/a       | n/a                    | 9,94 (*)               | 1,0549                              | 9,42                   |
| Gasolio           | 11,87 (*) | 0,85                   | n/a                    | n/a                                 | 10,09                  |

Nota (14) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori uno a servizio del riscaldamento ed uno per la cucina.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base di m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2 con indicazione dei PDR di riferimento.

Tabella 5.2 - Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati forniti dalla società di distribuzione

| PDR            | Utilizzo      | 2014  |       | 2015  | 2016  | 2014   | 2015   | 2016   |
|----------------|---------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                |               | [l]   | [Smc] | [Smc] | [Smc] | [kWh]  | [kWh]  | [kWh]  |
| 16220050525331 | Riscaldamento | 6.300 | 236   | 7.460 | 8.738 | 65.784 | 70.274 | 82.312 |
| 3270019810334  | Uso cucina    |       | 1.010 | 1.074 | 977   | 9.514  | 10.115 | 9.206  |

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3.

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

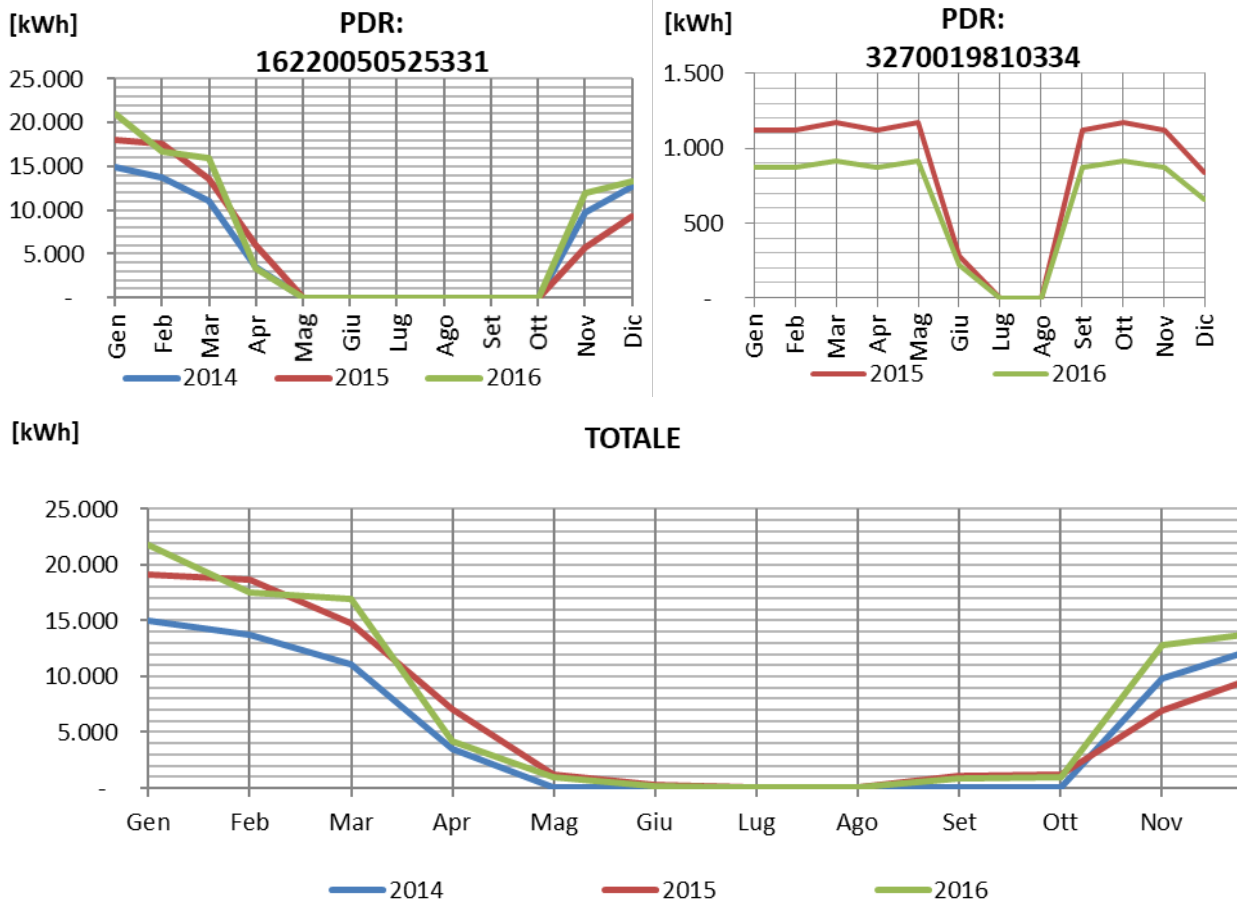
| PDR:<br>16220050525331 | 2014                 | 2015               | 2016               | 2014          | 2015          | 2016          |
|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| Mese di riferimento    | [Sm <sup>3</sup> ]   | [Sm <sup>3</sup> ] | [Sm <sup>3</sup> ] | [kWh]         | [kWh]         | [kWh]         |
| Gennaio                | 54                   | 1.910              | 2.226              | 14.955        | 17.992        | 20.966        |
| Febbraio               | 49                   | 1.867              | 1.769              | 13.763        | 17.590        | 16.667        |
| Marzo                  | 40                   | 1.442              | 1.701              | 11.128        | 13.588        | 16.022        |
| Aprile                 | 13                   | 636                | 354                | 3.494         | 5.989         | 3.339         |
| Maggio                 |                      |                    |                    |               |               |               |
| Giugno                 |                      |                    |                    |               |               |               |
| Luglio                 |                      |                    |                    |               |               |               |
| Agosto                 |                      |                    |                    |               |               |               |
| Settembre              |                      |                    |                    |               |               |               |
| Ottobre                |                      |                    |                    |               |               |               |
| Novembre               | 35                   | 614                | 1.273              | 9.802         | 5.784         | 11.992        |
| Dicembre               | 45                   | 990                | 1.415              | 12.642        | 9.330         | 13.326        |
| <b>Totale</b>          | <b>236</b>           | <b>7.460</b>       | <b>8.738</b>       | <b>65.784</b> | <b>70.273</b> | <b>82.312</b> |
| PDR:<br>3270019810334  | 2014                 | 2015               | 2016               | 2014          | 2015          | 2016          |
| Mese di riferimento    | [Sm <sup>3</sup> ]   | [Sm <sup>3</sup> ] | [Sm <sup>3</sup> ] | [kWh]         | [kWh]         | [kWh]         |
| Gennaio                |                      | 119                | 93                 | -             | 1.118         | 872           |
| Febbraio               |                      | 119                | 93                 | -             | 1.118         | 872           |
| Marzo                  |                      | 125                | 97                 | -             | 1.174         | 916           |
| Aprile                 |                      | 119                | 93                 | -             | 1.118         | 872           |
| Maggio                 |                      | 125                | 97                 | -             | 1.174         | 916           |
| Giugno                 |                      | 30                 | 23                 | -             | 280           | 218           |
| Luglio                 | Dati non disponibili |                    |                    |               |               |               |
| Agosto                 |                      |                    |                    |               |               |               |
| Settembre              |                      | 119                | 93                 | -             | 1.118         | 872           |
| Ottobre                |                      | 125                | 97                 | -             | 1.174         | 916           |
| Novembre               |                      | 119                | 93                 | -             | 1.118         | 872           |
| Dicembre               |                      | 89                 | 69                 | -             | 839           | 654           |
| <b>Totale</b>          |                      | <b>1.086</b>       | <b>849</b>         |               |               |               |

Nota (15) :I dati relativi all'anno 2014 del PDR 3270019870334 non sono disponibili

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 5.1.



Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che: i consumi fatturati dalla società di fornitura per il 2014 non sono disponibili, i consumi del 2015 (1.086 mc) sono molto diversi da quelli fatturati dalla società di distribuzione (1.074 mc) mentre i consumi del 2016 fatturati dalla società di fornitura (849 mc) per cui tuttavia manca il mese di dicembre e dalla società di distribuzione (977 mc) sono allineati. I consumi mensili sono stati suddivisi considerando i giorni di utilizzo dell’edificio.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all’andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell’anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3 , definendo il fattore di normalizzazione  $\bar{a}_{rif}$  come di seguito riportato:

$$\bar{a}_{rif} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{real,i}}{\sum_{i=1}^n GG_{real,i}}$$

Dove:

GG<sub>real,i</sub> = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali, nell’anno *i-esimo*, così come definiti al Capitolo 3.2;

n = numero di annualità di cui si hanno a disposizione i consumi.

Q<sub>real,i</sub> = Consumo termico reale per riscaldamento dell’edificio nell’anno *i-esimo*, kWh/anno.

E’ ora quindi possibile valutare il consumo destagionalizzato, come di seguito riportato:

$$Q_{baseline} = \bar{a}_{rif} \times GG_{rif} + \bar{Q}_{ACS} + \bar{Q}_{ALTRO}$$

$GG_{rif}$  = Gradi giorno di riferimento utilizzati nella modellazione dell’edificio, così come definiti al Capitolo 3.1;

$\bar{Q}_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l’ACS nel triennio di riferimento;

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali,  $Q_{real,ir}$ , i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| ANNO         | GG <sub>REALI</sub><br>SU [109]<br>GIORNI | GG <sub>RIF</sub><br>SU [109]<br>GIORNI | CONSUMO<br>REALE<br>RISC.<br>[Smc] | CONSUMO<br>REALE<br>RISC.<br>[kWh] | $\alpha_{rif}$ | CONSUMO<br>NORMALIZZATO<br>A [926] GG<br>[kWh] | CONSUMO<br>ACS<br>[kWh] | CONSUMO<br>ALTRO<br>[kWh] |
|--------------|---|---|------------------------------------|------------------------------------|----------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 2014         | 0   | 0                                       | -                                  | -                                  | -              | -  | 0                       | 0                         |
| 2015         | 877                                       | 929                                     | 7.460                              | 70.274                             | 80,1           | 74.441   | 0                       | 0                         |
| 2016         | 918                                       | 929                                     | 8.738                              | 82.312                             | 89,7           | 83.298   | 0                       | 0                         |
| <b>Media</b> | <b>898</b>                                | <b>929</b>                              | <b>8.099</b>                       | <b>76.293</b>                      | <b>85</b>      | <b>78.870</b>                                  | <b>0</b>                | <b>0</b>                  |

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un leggero aumento dei consumi coerente con l’aumento dei gradi giorno.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.5:

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

| GRANDEZZA                        | VALORE        |
|----------------------------------|---------------|
|                                  | [kwh]         |
| $\bar{Q}_{ACS}$                  | 0,00          |
| $\bar{Q}_{ALTRO}$                | 0,00          |
| $\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$  | 78.870        |
| <b><math>Q_{baseline}</math></b> | <b>78.870</b> |

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell’intero edificio – POD IT001E00096008.

L’effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all’ Allegato B – Elaborati.

L’elenco delle fatture analizzate è riportato all’ Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.

L’analisi dei consumi storici di energia elettrica è effettuata sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali derivanti dall’analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.6 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

| POD            | ZONA SERVITA    | 2014          | 2015          | 2016          | MEDIA         |
|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                |                 | [kWh]         | [kWh]         | [kWh]         | [kWh]         |
| IT001E00096008 | Intero edificio | 26.756        | 26.451        | 28.448        | 27.218        |
| <b>TOTALE</b>  |                 | <b>26.756</b> | <b>26.451</b> | <b>28.448</b> | <b>27.218</b> |

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file kyotoBaseline-EX1329) è emerso quanto segue:

- I valori per il 2014 sono uguali
- Il valori per il 2015 e 2016 rilevati in fattura sono circa 2000 kWh inferiori rispetto a quelli nel file Kyoto.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 26.756 kWh; anno 2015 28.215 kWh; anno 2016 30.521 kWh.

L’individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 27.218 kWh.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00012345 | F1     | F2    | F3    | TOTALE |
|---------------------|--------|-------|-------|--------|
| Anno 2014           | [kWh]  | [kWh] | [kWh] | [kWh]  |
| Gen-14              | 2.460  | 266   | 459   | 3.185  |
| Feb-14              | 2.460  | 274   | 401   | 3.135  |
| Mar-14              | 2.354  | 284   | 417   | 3.055  |
| Apr-14              | 1.747  | 228   | 380   | 2.355  |
| Mag-14              | 1.903  | 266   | 412   | 2.581  |
| Giu-14              | 1.312  | 230   | 377   | 1.919  |
| Lug-14              | 634    | 187   | 243   | 1.064  |
| Ago-14              | 150    | 115   | 219   | 484    |
| Set-14              | 1.270  | 243   | 291   | 1.804  |
| Ott-14              | 1.932  | 226   | 254   | 2.412  |
| Nov-14              | 1.871  | 229   | 353   | 2.453  |
| Dic-14              | 1.758  | 213   | 338   | 2.309  |
| Totale              | 19.851 | 2.761 | 4.144 | 26.756 |
| POD: IT001E00012345 | F1     | F2    | F3    | TOTALE |
| Anno 2015           | [kWh]  | [kWh] | [kWh] | [kWh]  |
| Gen-15              | 2.237  | 251   | 360   | 2.848  |
| Feb-15              | 2.403  | 245   | 313   | 2.961  |
| Mar-15              | 2.555  | 258   | 349   | 3.162  |
| Apr-15              | 1.173  | 171   | 236   | 1.580  |
| Mag-15              | 1.696  | 262   | 356   | 2.314  |
| Giu-15              | 1.339  | 223   | 361   | 1.923  |
| Lug-15              | 629    | 202   | 297   | 1.128  |
| Ago-15              | 183    | 129   | 262   | 574    |
| Set-15              | 1.218  | 214   | 335   | 1.767  |

## E1329 – Scuola materna statale “Andersen” e scuola elementare “Montale”

|                            |               |              |              |               |
|----------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Ott-15                     | 2.224         | 267          | 280          | 2.771         |
| Nov-15                     | 2.438         | 265          | 330          | 3.033         |
| Dic-15                     | 1.830         | 207          | 353          | 2.390         |
| <b>Totale</b>              | <b>19.925</b> | <b>2.694</b> | <b>3.832</b> | <b>26.451</b> |
| <b>POD: IT001E00012345</b> | <b>F1</b>     | <b>F2</b>    | <b>F3</b>    | <b>TOTALE</b> |
| <b>Anno 2016</b>           | <b>[kWh]</b>  | <b>[kWh]</b> | <b>[kWh]</b> | <b>[kWh]</b>  |
| Gen-16                     | 2.031         | 279          | 495          | 2.805         |
| Feb-16                     | 2.494         | 300          | 465          | 3.259         |
| Mar-16                     | 2.360         | 276          | 435          | 3.071         |
| Apr-16                     | 2.036         | 300          | 450          | 2.786         |
| Mag-16                     | 2.095         | 226          | 295          | 2.616         |
| Giu-16                     | 1.423         | 246          | 323          | 1.992         |
| Lug-16                     | 762           | 227          | 320          | 1.309         |
| Ago-16                     | 158           | 64           | 107          | 329           |
| Set-16                     | 1.234         | 262          | 252          | 1.748         |
| Ott-16                     | 2.136         | 282          | 372          | 2.790         |
| Nov-16                     | 2.332         | 290          | 403          | 3.025         |
| Dic-16                     | 1.906         | 328          | 484          | 2.718         |
| <b>Totale</b>              | <b>20.967</b> | <b>3.080</b> | <b>4.401</b> | <b>28.448</b> |

Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento.

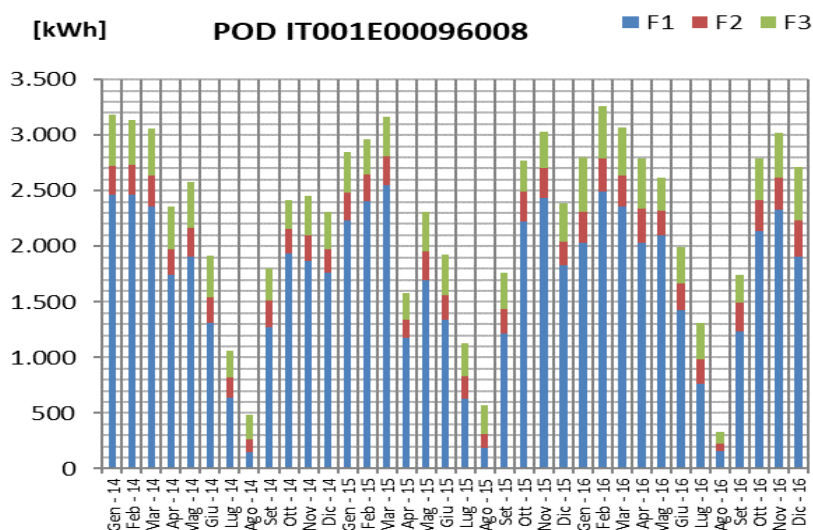
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

| <b>BASELINE</b> | <b>F1</b>     | <b>F2</b>    | <b>F3</b>    | <b>TOTALE</b> |
|-----------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
|                 | <b>[kWh]</b>  | <b>[kWh]</b> | <b>[kWh]</b> | <b>[kWh]</b>  |
| Gennaio         | 2.243         | 265          | 438          | 2.946         |
| Febbraio        | 2.452         | 273          | 393          | 3.118         |
| Marzo           | 2.423         | 273          | 400          | 3.096         |
| Aprile          | 1.652         | 233          | 355          | 2.240         |
| Maggio          | 1.085         | 339          | 1.497        | 2.504         |
| Giugno          | 1.358         | 233          | 354          | 1.945         |
| Luglio          | 675           | 205          | 287          | 1.167         |
| Agosto          | 164           | 103          | 196          | 462           |
| Settembre       | 1.241         | 240          | 293          | 1.773         |
| Ottobre         | 2.097         | 258          | 302          | 2.658         |
| Novembre        | 2.214         | 261          | 362          | 2.837         |
| Dicembre        | 1.831         | 249          | 392          | 2.472         |
| <b>Totale</b>   | <b>20.248</b> | <b>2.845</b> | <b>4.126</b> | <b>27.218</b> |

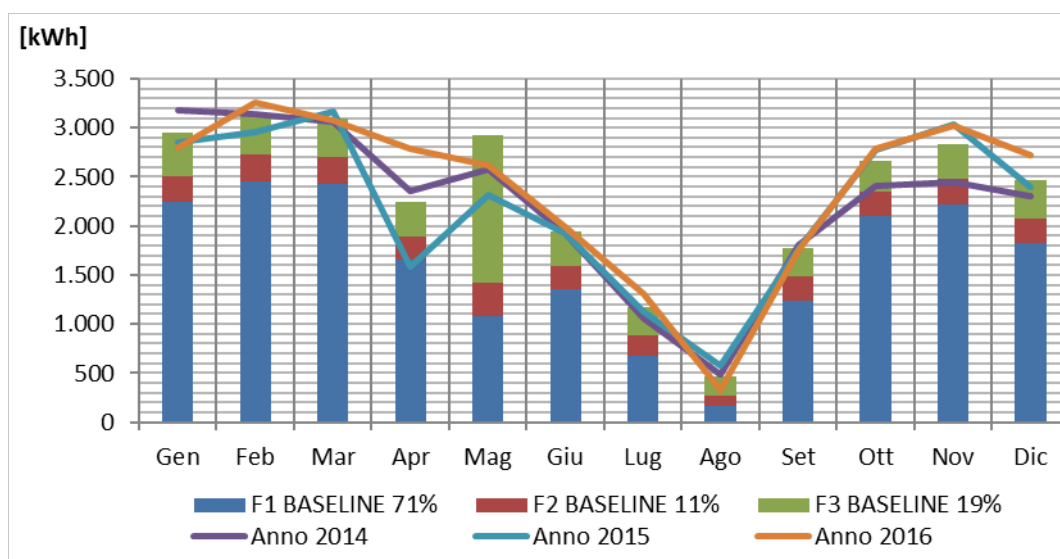
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.3.

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali ed i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola.

E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, il quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

Le giornate analizzate sono riportate nella

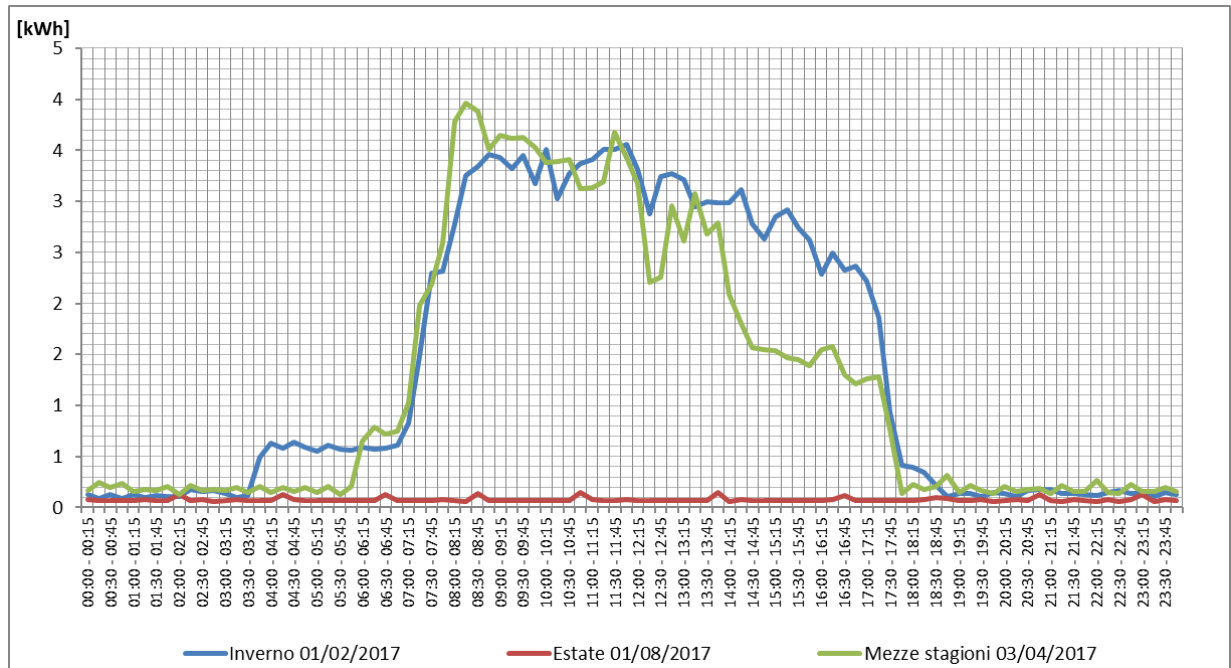
Tabella 5.9

Tabella 5.9 – Giornate valutate per l’analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

| PROFILO   | DATA       | GIORNO DELLA SETTIMANA | PERIODO                        | TEMPERATURA ESTERNA MEDIA<br>[°C] |
|-----------|------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Profilo 1 | 01/02/2017 | Martedì                | Periodo scolastico invernale   | 13                                |
| Profilo 2 | 01/08/2017 | Lunedì                 | Periodo di Vacanze             | 29                                |
| Profilo 3 | 03/04/2017 | Martedì                | Periodo scolastico primaverile | 20                                |

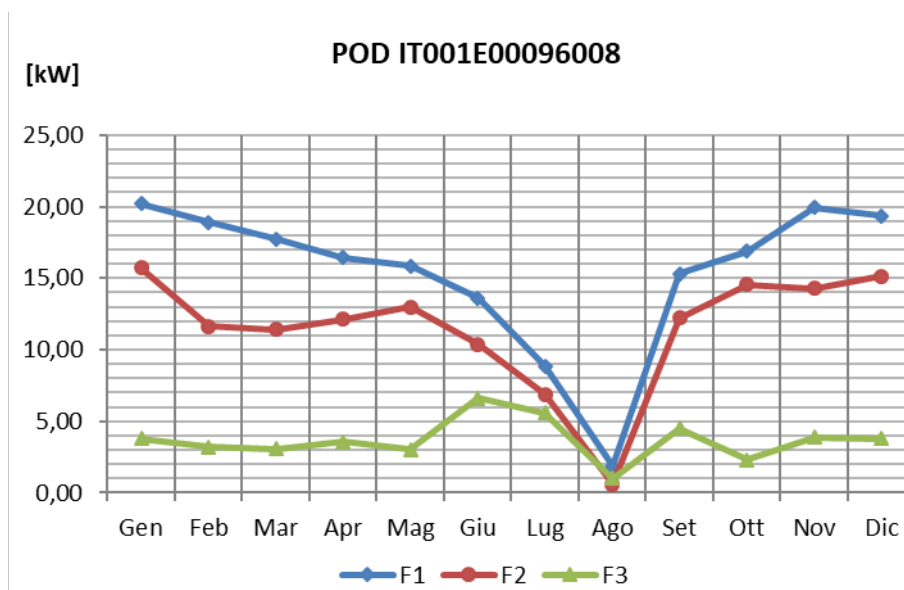
L’andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD POD IT001E00096008



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto all’occupazione/utilizzo dell’edificio nelle ore diurne. Tali andamenti risultano coerenti/anomali rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096008



Il prelievo di potenza massima è pari a 3,56 kW e si verifica nel periodo invernale tra le 11:45 e le 12:00. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

I fattori di emissione di CO<sub>2</sub> utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

| COMBUSTIBILE      | FATTORE DI CONVERSIONE   |
|-------------------|--------------------------|
|                   | [kgCO <sub>2</sub> /kWh] |
| Energia elettrica | * 0,467                  |
| Gas naturale      | * 0,202                  |
| GPL               | * 0,227                  |
| Olio combustibile | * 0,267                  |
| Gasolio           | * 0,267                  |
| Benzina           | * 0,249                  |

\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

| COMBUSTIBILE      | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE   |                     |
|-------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
|                   | [kWh]               | [kgCO <sub>2</sub> /kWh] | [tCO <sub>2</sub> ] |
| Energia elettrica | 27.218              | * 0,467                  | 12,71               |
| Gas naturale      | 78.870              | * 0,202                  | 15,93               |

Ai fini del calcolo degli indici di performance è necessario effettuare la conversione dei consumi di baseline in energia primaria, utilizzando i fattori di conversione indicati dal Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" nell'Allegato 1-Tabella 1.

Tabella 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

| COMBUSTIBILE              | F <sub>P,nren</sub> | F <sub>P,ren</sub> | F <sub>P,tot</sub> |
|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Gas naturale              | 1,05                | 0                  | 1,05               |
| Energia elettrica da rete | 1,95                | 0,47               | 2,42               |

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo CONSUMI RILEVATI 5, in funzione dei fattori riportati nella



Tabella 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO |   | VALORE | U.M.           |
|-----------|---|--------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta riscaldata   | 1.376  | m <sup>2</sup> |
| FATTORE 2 | Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) | 1.370  | m <sup>2</sup> |
| FATTORE 3 | Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)           | 12.490 | m <sup>3</sup> |

Nella Tabella 5.14 e

Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE |                       |                       | INDICATORI AMBIENTALI                 |                                       |                                       |
|--------------------|--------------------------------|--|------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                    |                                |  |                                    | FATTORE 1                                     | FATTORE 2             | FATTORE 3             | FATTORE 1                             | FATTORE 2                             | FATTORE 3                             |
|                    | [kWh/anno]                     |  | [kWh/anno]                         | [kWh/m <sup>2</sup> ]                         | [kWh/m <sup>2</sup> ] | [kWh/m <sup>3</sup> ] | [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ] | [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ] | [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ] |
| Gas naturale       | 78.870                         | 1,05   | 82.814                             | 60,2  | 60,4                  | 6,6                   | 11,58                                 | 11,63                                 | 1,28                                  |
| Energia elettrica  | 27.218                         | 2,42   | 65.868                             | 47,9  | 48,1                  | 5,3                   | 9,24                                  | 9,28                                  | 1,02                                  |
| <b>TOTALE</b>      |                                |  | <b>148.681</b>                     | <b>108</b>                                    | <b>109</b>            | <b>12</b>             | <b>21</b>                             | <b>21</b>                             | <b>2</b>                              |

Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |                       |                       | INDICATORI AMBIENTALI                 |                                       |                                       |
|--------------------|--------------------------------|---|---------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                    |                                |   |                                       | FATTORE 1  | FATTORE 2             | FATTORE 3             | FATTORE 1                             | FATTORE 2                             | FATTORE 3                             |
|                    | [kWh/anno]                     |   | [kWh/anno]                            | [kWh/m <sup>2</sup> ]                                  | [kWh/m <sup>2</sup> ] | [kWh/m <sup>3</sup> ] | [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ] | [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ] | [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ] |
| Gas naturale       | 78.870                         | 1,05  | 82.814                                | 60,2   | 60,4                  | 6,6                   | 11,58                                 | 11,63                                 | 1,28                                  |
| Energia elettrica  | 27.218                         | 1,95  | 53.075                                | 38,6   | 38,7                  | 4,2                   | 9,24                                  | 9,28                                  | 1,02                                  |
| <b>TOTALE</b>      |                                |   | <b>135.889</b>                        | <b>99</b>  | <b>99</b>             | <b>11</b>             | <b>21</b>                             | <b>21</b>                             | <b>2</b>                              |

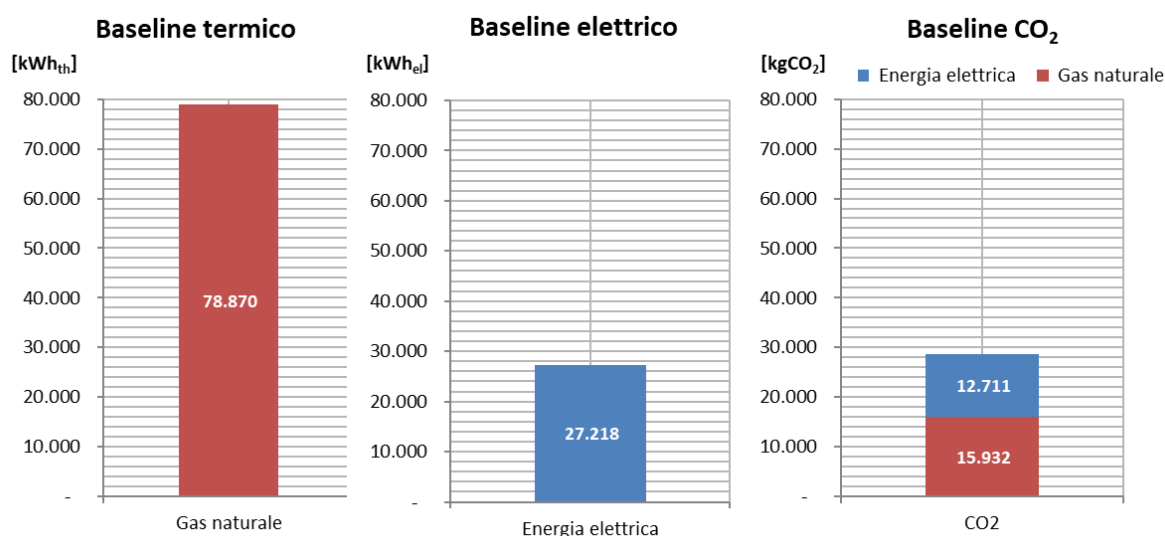
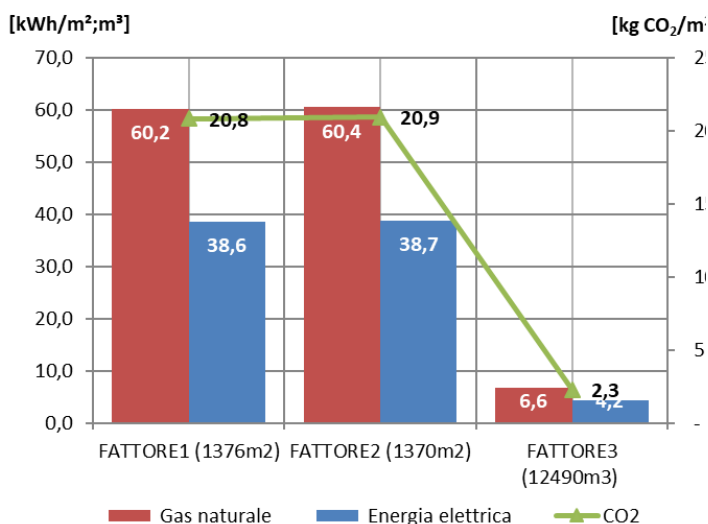
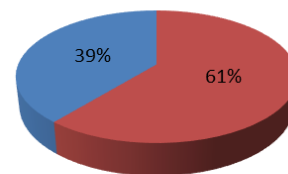
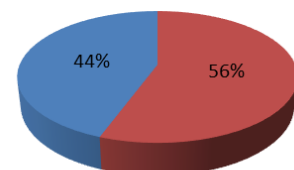
Figura 5.6 - Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

 Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria


 Ripartizione % emissioni CO<sub>2</sub>


■ Gas naturale ■ Energia elettrica

Trattandosi di edifici scolastici, in particolare si sono determinati i due seguenti indici, definiti all'interno delle Linee Guida ENEA- FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole”

L'indicatore introdotto dalla Guida ENEA-FIRE si basa sui consumi di energia per gas naturale normalizzati in funzione dei seguenti fattori di aggiustamento:

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore  $F_e$ );
- Ore di occupazione dell'edificio scolastico (fattore  $F_h$ );
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato ( $V_{risc}$ ).

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo\_annuo\_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

L'indicatore di performance energetico definito dalla Guida ENEA – FIRE per i consumi di energia elettrica è un semplice indicatore normalizzato sui seguenti fattori:

- Superficie lorda ai piani dell'edificio  $A_p$ ;
- Fattore  $F_h$  relativo all'orario di occupazione, così come precedentemente

La formula per il calcolo dell'indice è la seguente:

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo\_energia\_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

| COMBUSTIBILE      | IEN <sub>R</sub>   |      |      | IEN <sub>E</sub> |       |       |
|-------------------|--------------------|------|------|------------------|-------|-------|
|                   | Wh/(m³ GG anno)    |      |      | Wh/(m² anno)     |       |       |
|                   | 2014               | 2015 | 2016 | 2014             | 2015  | 2016  |
| Gas Naturale      | 7,93 <sup>16</sup> | 8,05 | 9,14 |                  |       |       |
| Energia elettrica |                    |      |      | 14,59            | 14,42 | 15,51 |

Nota 16: valore ricavato da un consumo in parte di gasolio ed in parte di gas metano.

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo:

- un giudizio BUONO per l'indice  $IEN_R$
- un giudizio INSUFFICIENTE per l'indice  $IEN_E$  di tutti e tre gli anni.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati nell'Allegato M Report di Benchmark.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

### 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti è stato necessario predisporre un modello energetico (termico ed elettrico) redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Relativamente all'involucro edilizio esso è stato determinato considerando le composizioni e gli spessori di ciascun elemento opaco e trasparente, i ponti termici e in generale tutti gli elementi che concorrono alla determinazione delle dispersioni e dunque del fabbisogno in accordo alle Norme UNI-TS 11300-1:2014 per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

La creazione di un modello energetico dell'edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell'edificio come definite dal prospetto 2 della norma UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio (APE).

Tabella 6.1 – Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA    |                | U.M.        | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | ENERGIA PRIMARIA TOTALE |
|-------------------------------------|----------------|-------------|----------------------------------|-------------------------|
| Globale non rinnovabile             | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 308,45                           | 329,44                  |
| Climatizzazione invernale           | $EP_H$         | kWh/mq anno | 223,05                           | 223,45                  |
| Produzione di acqua calda sanitaria | $EP_w$         | kWh/mq anno | 0,34                             | 0,42                    |
| Ventilazione                        | $EP_v$         | kWh/mq anno | -                                | -                       |
| Raffrescamento                      | $EP_c$         | kWh/mq anno | -                                | -                       |
| Illuminazione artificiale           | $EP_L$         | kWh/mq anno | 83,60                            | 103,75                  |
| Trasporto di persone e cose         | $EP_T$         | kWh/mq anno | 1,47                             | 1,82                    |
| Emissioni equivalenti di CO2        | $CO_{2eq}$     | Kg/mq anno  | 54,22                            | 54,22                   |

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.2

Tabella 6.2 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO                | CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-----------------------------|------------------------|--|
|                             | [m <sup>3</sup> /anno] | [kWh/anno]                               |
| Gas Naturale                | 21.950,48              | 217.112,19                               |
| Energia Elettrica           |                        | 68.993,46                                |

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogno energetici risultati dal modello con i consumi energetici di baseline, secondo il seguente criterio di congruità:

$$\frac{|E_{teorico} - E_{baseline}|}{E_{teorico}} \times 100 \leq 5\%$$

Dove:

- $E_{teorico}$  è il fabbisogno teorico di energia dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione;
  - Nel caso di consumo termico,  $E_{teorico}$  è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ( $Q_{gn,in}$ ) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
  - Nel caso di consumo elettrico,  $E_{teorico}$  è assunto pari al fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete ( $EE_{in}$ ) valutata come sommatoria dei contributi riportati nella Tabella 6.3;
  
- $E_{baseline}$  è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al  $Q_{baseline}$  e a  $EE_{baseline}$

Tale criterio di congruità deve, pertanto, essere soddisfatto sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

Tabella 6.3 – Elenco dei fabbisogni che contribuiscono alla valutazione del fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete

| FABBISOGNO   | Corrispondenza UNI TS 11300<br>[kWh <sub>el</sub> ] |
|--|---|
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS    | $E_{W, aux, gn}$                                    |
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento        | $E_{H, aux, gn}$                                    |
| Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione | $E_{ve,el} + E_{aux,e}$                             |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)             | $E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$                     |
| Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio                            | $E_{L,int}$   |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione                  | $Q_{c,aux}$   |
| Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)       | $E_T + E_{altro}^{(17)}$                            |
| Perdite al trasformatore   | $E_{trasf}^{(17)}$                                  |
| Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili  | $E_{exp,el}$  |

Nota (17) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo

### 6.1.1 Validazione del modello termico

A seguito della realizzazione del modello valutato secondo le modalità “Standard” di utilizzo (Asset Rating), si è provveduto ad effettuare una modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza” (Tailored Rating) così come definita al prospetto 2 della UNI TS 11300-1:2014.

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell’edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all’interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

Nella Tabella 6.6 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

Tabella 6.4 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA         |                 | U.M.        | ENERGIA PRIMARIA<br>NON RINNOVABILE | ENERGIA<br>PRIMARIA<br>TOTALE |
|--|-----------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Globale non rinnovabile                  | $EP_{gl, nren}$ | kWh/mq anno | 107,86                              | 119,76                        |
| Climatizzazione invernale                | $EP_H$          | kWh/mq anno | 58,92                               | 59,03                         |
| Produzione di acqua calda sanitaria      | $EP_w$          | kWh/mq anno | 0,04                                | 0,05                          |
| Ventilazione                             | $EP_v$          | kWh/mq anno |                                     |                               |
| Raffrescamento                           | $EP_c$          | kWh/mq anno |                                     |                               |
| Illuminazione artificiale                | $EP_L$          | kWh/mq anno | 47,43                               | 58,87                         |
| Trasporto di persone e cose              | $EP_T$          | kWh/mq anno | 1,47                                | 1,82                          |
| Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub> | $CO_{2eq}$      | Kg/mq anno  | 35,25                               | 35,25                         |

Nota (18): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO<sub>2</sub> dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO<sub>2</sub>/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO<sub>2</sub>/kWh per l’energia elettrica.

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all’utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

Tabella 6.5 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO   | CONSUMO    |
|-----------------------------|-----------|------------|
|                             | [mc/anno] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale                | 8.135,31  | 76.634,59  |
| Energia Elettrica           |           | 26.525     |

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $Q_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo ed il fabbisogno teorico ( $Q_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

| $Q_{teorico}$ | $Q_{baseline}$ | Congruità |
|---------------|----------------|-----------|
| [kWh/anno]    | [kWh/anno]     | [%]       |
| 76.634,59     | 78.870         | 2,9%      |

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all’utenza” risulta validato.

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $EE_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ( $EE_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell’Allegato B – Elaborati.

Tabella 6.7 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all’utenza)

| $EE_{teorico}$ | $EE_{baseline}$ | Congruità |
|----------------|-----------------|-----------|
| [kWh/anno]     | [kWh/anno]      | [%]       |
| 26.525         | 27.218          | 2,6%      |

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello risulta validato.

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

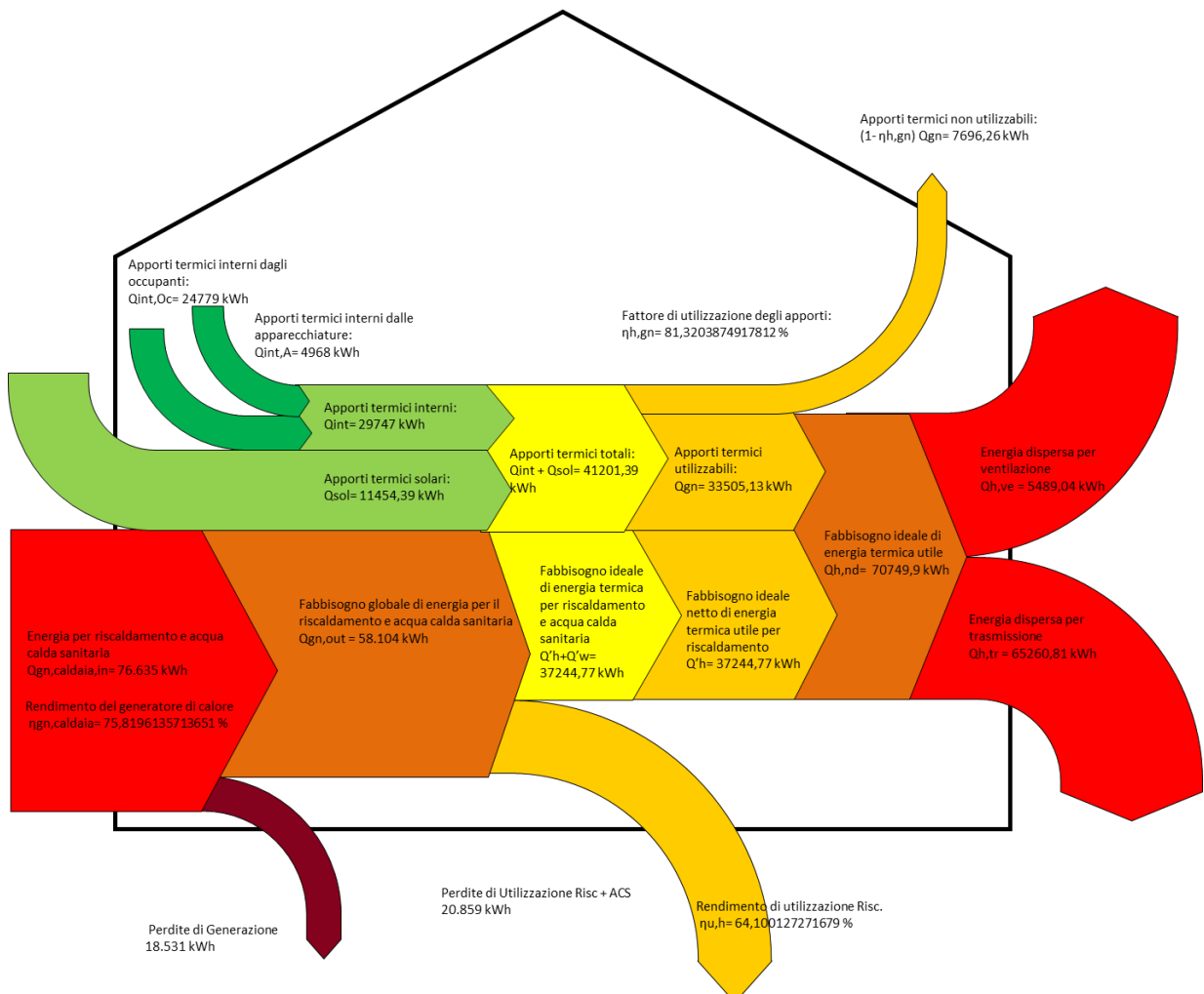
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

I valori rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale

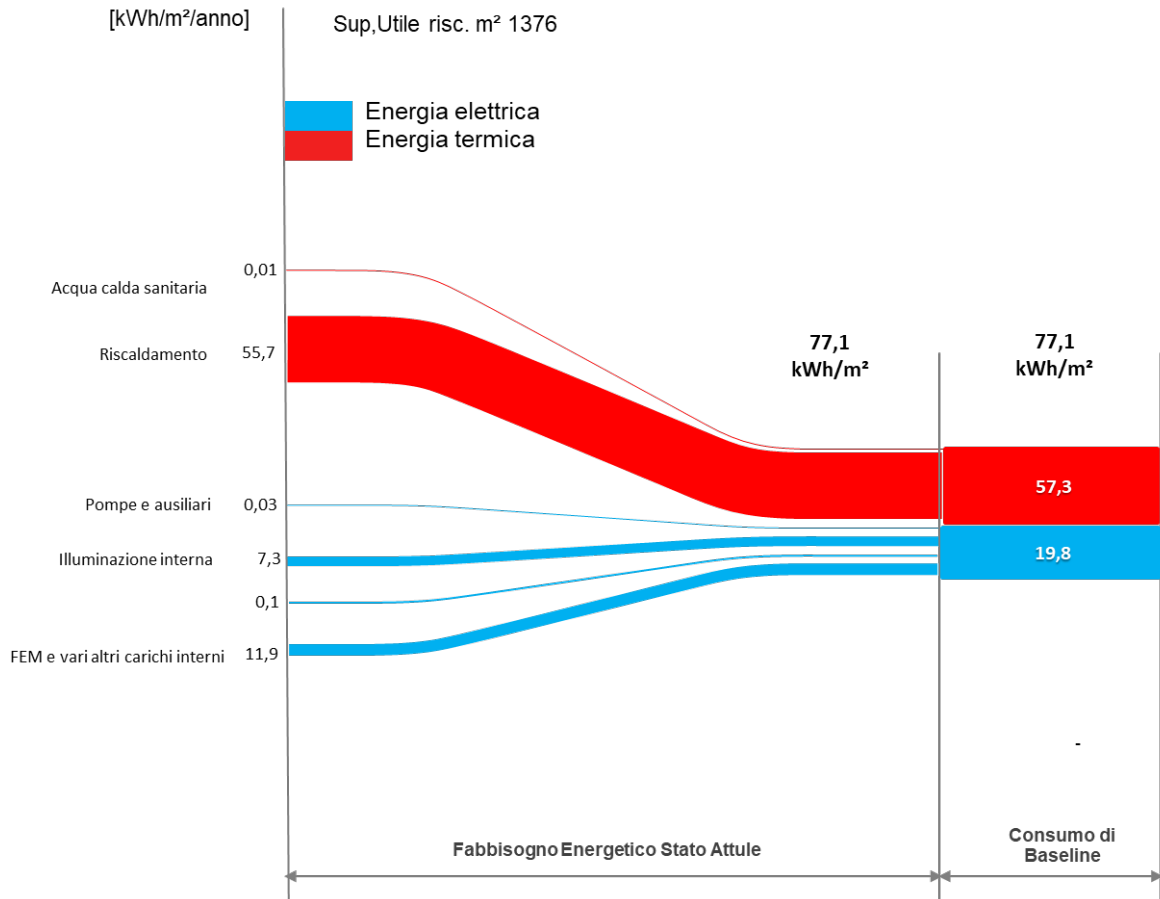




Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 81,32% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 64%.

E’ quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell’edificio, riportato nella Figura 6.2.

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

Il contributo definito come “Altro – Congruità” è valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline.

Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

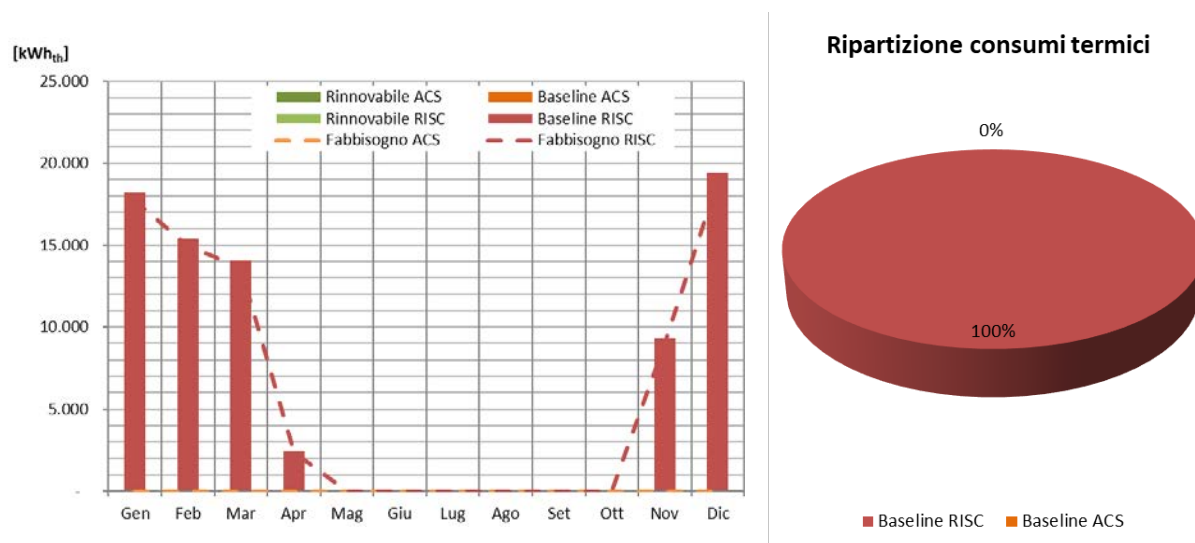
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il gas naturale è impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell’energia elettrica risulta essere l’illuminazione interna.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l'utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione è riportata in Figura 6.3

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



Si può notare come i consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tale componente.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

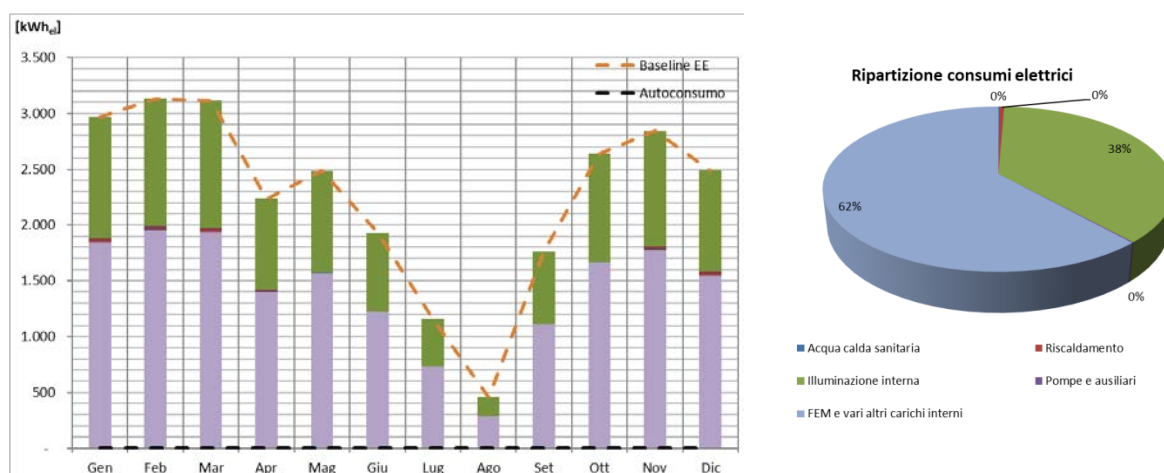
Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione elettrica ed i profili mensili di Baseline.

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in

Figura 6.4 – Andamento stagionale dei consumi elettrici, ripartiti tra le varie utenze, ricavati dalla modellazione

Figura 6.4 – Andamento stagionale dei consumi elettrici, ripartiti tra le varie utenze, ricavati dalla modellazione



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo FEM e altri carichi interni e all'impianto di illuminazione interna, pertanto uno degli interventi migliorativi proposti, andrà ad interessare l'impianto di illuminazione.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assumono come periodo di riferimento gli anni 2014 – 2015 – 2016.

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite due contratti differenti per i due PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 16220050525331: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione;
- PDR 2 – 3270019810334: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore termico per il triennio di riferimento (uso cucina)

| PDR: 3270019810334   | 2014                                       | 2015  | 2016   |
|--|--|---|--|
| Indirizzo di fornitura   |  |   |  |
| Dati di intestazione fattura                                       | Comune di Genova, via di Francia 1, Genova | Comune di Genova, via di Francia 1, Genova - Comune di Genova, via di Garibaldi 9, Genova | Comune di Genova, via di Garibaldi 9, Genova |
| Società di fornitura   | Iren Mercato SpA                           | Iren Mercato SpA -ENI SpA   | ENI SpA – ENERGETIC SpA                      |
| Inizio periodo fornitura   | 01/08/2002                                 | 01/08/2002 - 01/04/2015   | 01/04/2015 – 01/04/2016                      |
| Fine periodo fornitura   | 31/03/2015                                 | 31/03/2015 - 31/03/2016   | 31/03/2016 -                                 |
| Classe del contatore   | T  | T   | T  |
| Tipologia di contratto   | Punto di riconsegna per servizio pubblico  | Utenze con attività di servizio pubblico  | Punto di riconsegna per usi diversi          |
| Opzione tariffaria   | Consip Comune Genova                       | Prodotto Consip 7 gas   | Prodotto Consip 8                            |
| Valore del coefficiente correttivo dei consumi                     | 1,023                                      | 1,023   | 1,023  |
| Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile         | Dati non disponibili                       | 38,190 Mj/mc  | 38.972 kJ/Smc                                |
| Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(20)</sup> (IVA INCLUSA) | Dati non disponibili                       | 4,203   | 3,409  |

Nota (19) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (20): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che dopo un periodo relativamente lungo (dal 2002 al 2015) con lo stesso fornitore il contratto è iniziato a cambiare ogni anno.

Nella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti: per tale contatore si hanno fatture solo per l'anno 2015 e 2016.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento

| PDR:<br>3270019810334 | QUOTA<br>ENERGIA | ONERI DI<br>SISTEMA<br>PARTE<br>FISSA | ONERI DI<br>SISTEMA<br>PARTE<br>VARIABILE | IMPOSTE      | IVA        | TOTALE       | CONSUMO<br>FATTURATO | COSTO<br>UNITARIO<br>(IVA<br>INCLUSA) |
|-----------------------|------------------|---------------------------------------|---|--------------|------------|--------------|----------------------|---------------------------------------|
| ANNO 2015             | [€]              | [€]                                   | [€]                                       | [€]          | [€]        | [€]          | [mc]                 | [€/mc]                                |
| Gennaio               | 55               |                                       | 22  | 21           | 10         | 108          | 129                  | 0,837                                 |
| Febbraio              | 55               |                                       | 22  | 30           | 10         | 118          | 129                  | 0,913                                 |
| Marzo                 | 58               |                                       | 23  | 22           | 11         | 113          | 135                  | 0,837                                 |
| Aprile                | 153              |                                       | 69  | 109          | 71         | 401          | 73                   | 5,498                                 |
| Maggio                | 161              |                                       | 72  | 114          | 74         | 421          | 75                   | 5,619                                 |
| Giugno                | 153              |                                       | 69  | 109          | 71         | 401          | 73                   | 5,498                                 |
| Luglio                | 99,32            |                                       | 46,24                                     | 77,52        | 49,08      | 272          | 75                   | 3,629                                 |
| Agosto                | 89,28            |                                       | 41,96                                     | 69,68        | 44,2       | 245          | 76                   | 3,225                                 |
| Settembre             | 111,26           |                                       | 53,34                                     | 86,84        | 54,88      | 306          | 73                   | 4,196                                 |
| Ottobre               | 141,87           |                                       | 63,5                                      | 109,08       | 69,18      | 384          | 75                   | 5,115                                 |
| Novembre              | 289,23           |                                       | 125,47                                    | 222,39       | 140,2      | 777          | 73                   | 10,647                                |
| Dicembre              | 391,13           |                                       | 141,75                                    | 300,76       | 183,4      | 1.017        | 100                  | 10,170                                |
| <b>Totale</b>         | <b>1.759</b>     | <b>-</b>                              | <b>748</b>                                | <b>1.271</b> | <b>787</b> | <b>4.564</b> | <b>1.086</b>         | <b>4,203</b>                          |
| PDR:<br>3270019810334 | QUOTA<br>ENERGIA | ONERI DI<br>SISTEMA<br>PARTE<br>FISSA | ONERI DI<br>SISTEMA<br>PARTE<br>VARIABILE | IMPOSTE      | IVA        | TOTALE       | CONSUMO<br>FATTURATO | COSTO<br>UNITARIO<br>(IVA<br>INCLUSA) |
| ANNO 2016             | [€]              | [€]                                   | [€]                                       | [€]          | [€]        | [€]          | [mc]                 | [€/mc]                                |
| Gennaio               | 384,84           |                                       | 184,38                                    | 286,39       | 85,56      | 941          | 111                  | 8,443                                 |
| Febbraio              | 358,94           |                                       | 164,85                                    | 294,18       | 180        | 998          | 111                  | 8,952                                 |
| Marzo                 | 316,89           |                                       | 145,85                                    | 260,09       | 159        | 882          | 117                  | 7,534                                 |
| Aprile                | 16,61            | 12,94                                 |   | 16,45        | 10,12      | 56           | 101                  | 0,556                                 |
| Maggio                | 3,41             | 2,1                                   |   | 3,33         | 1,94       | 11           | 36                   | 0,296                                 |
| Giugno                |                  |                                       |   |              |            |              | 35                   |                                       |
| Luglio                | 0                |                                       |   |              |            |              | 55                   |                                       |
| Agosto                | 0                |                                       |   |              |            |              | 56                   |                                       |
| Settembre             | 0                |                                       |   |              |            |              | 61                   |                                       |
| Ottobre               | 0                |                                       |   |              |            |              | 58                   |                                       |
| Novembre              | 0                |                                       |   |              |            |              | 105                  |                                       |
| Dicembre              | 0                |                                       |   |              |            |              |                      |                                       |
| <b>Totale</b>         | <b>1.081</b>     | <b>15</b>                             | <b>495</b>                                | <b>860</b>   | <b>437</b> | <b>2.888</b> | <b>847</b>           | <b>3,409</b>                          |

Per i costi del 2016 risulta mancante la fattura relativa al dicembre 2016 e fatture di conguaglio per i primi tre mesi per cui il costo al mc non risulta attendibile.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

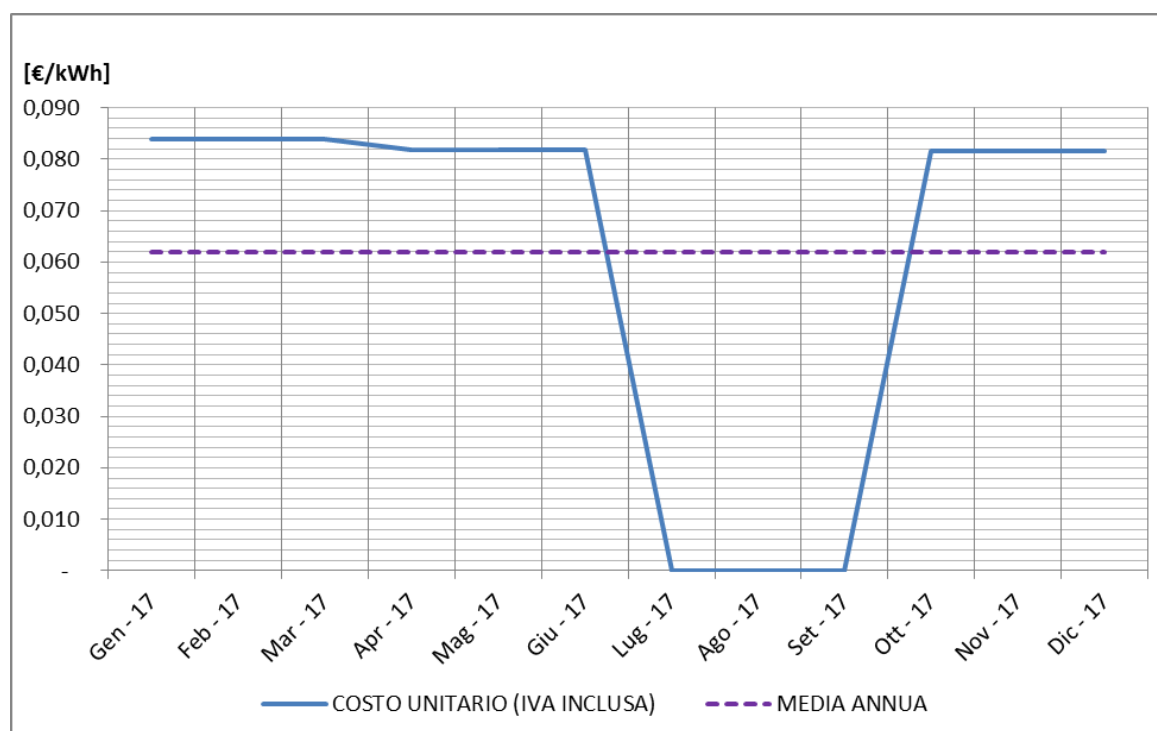
Nella Tabella 7.3 Tabella 7.2 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.3 – Prezzo unitario mensile anno 2017

| ANNO 2017         | [€/kWh]       |
|-------------------|---------------|
| Gen - 17          | 0,084         |
| Feb - 17          | 0,084         |
| Mar - 17          | 0,084         |
| Apr - 17          | 0,082         |
| Mag - 17          | 0,082         |
| Giu - 17          | 0,082         |
| Lug - 17          | -             |
| Ago - 17          | -             |
| Set - 17          | -             |
| Ott - 17          | 0,082         |
| Nov - 17          | 0,082         |
| Dic - 17          | 0,082         |
| <b>Media, CuQ</b> | <b>0,0831</b> |

Nel grafico Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017 in è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00096008 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.4 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.4 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00096008   | 2014  | 2015   | 2016  |
|---|---|--|---|
| Indirizzo di fornitura                                      |   |  |   |
| Dati di intestazione fattura                                | COMUNE DI GENOVA,<br>via Francia 1, 16124<br>Genova | COMUNE DI GENOVA,<br>via Garibaldi 9, 16124<br>Genova        | COMUNE DI GENOVA,<br>via Garibaldi 9, 16124<br>Genova               |
| Società di fornitura  | Edison Energia                                      | Edison Energia + Gala  | Gala + Iren   |
| Inizio periodo fornitura                                    | 01/10/2013  | 01/10/2013 -<br>01/04/2015                                   | 01/04/2015 -<br>01/04/2016  |
| Fine periodo fornitura                                      | 31/03/2015  | 31/03/2015 -<br>31/03/2016                                   | 31/03/2016 – info non<br>disponibile                                |
| Potenza elettrica impegnata                                 | 66 kW   | 66 – 16 kW   | 16 kW   |
| Potenza elettrica disponibile                               | 66 kW   | 66 kW  | 66 kW   |
| Tipologia di contratto                                      | BT  | BT   | BT  |
| Opzione tariffaria  | Genova-2013-NEW                                     | Genova-2013-NEW -<br>CONSIP EE12 - Lotto 2 -<br>Tariffa BTA6 | CONSIP EE12 - Lotto 2 -<br>Tariffa BTA6 - CONSIP13<br>VERDE - L0390 |
| Prezzi del forniture dell'energia elettrica <sup>(22)</sup> | 0,08 €/kwh  | 0,06 €/kwh   | 0,11 €/kwh  |

Nota (21) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (22): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore di energia elettrica è cambiato con cadenza quasi annuale e dopo un leggero calo il prezzo è salito.

Nella Tabella 7.5 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

| POD:<br>IT001E00096008 | QUOTA<br>ENERGIA<br>FISSA | ONERI DI<br>SISTEMA<br>PARTE FISSA | ONERI DI<br>SISTEMA<br>PARTE<br>VARIABILE | IMPOSTE | IVA     | TOTALE   | CONSUMO<br>FATTURATO | COSTO<br>UNITARIO<br>(IVA<br>INCLUSA) |
|------------------------|---------------------------|------------------------------------|---|---------|---------|----------|----------------------|---------------------------------------|
| Anno 2014              | [€]                       | [€]                                | [€]                                       | [€]     | [€]     | [€]      | [kWh]                | [€/kWh]                               |
| Gennaio                | € 251,03                  | € 39,06                            | € 308,74                                  | € 39,81 | € 63,86 | € 702,50 | 3.185                | € 0,22                                |
| Febbraio               | € 251,67                  | € 42,11                            | € 304,86                                  | € 39,19 | € 63,78 | € 701,61 | 3.135                | € 0,22                                |
| Marzo                  | € 241,02                  | € 41,03                            | € 293,66                                  | € 38,19 | € 61,39 | € 675,29 | 3.055                | € 0,22                                |
| Aprile                 | € 185,39                  | € 42,84                            | € 243,51                                  | € 29,44 | € 50,12 | € 551,30 | 2.355                | € 0,23                                |
| Maggio                 | € 200,58                  | € 45,95                            | € 258,05                                  | € 32,26 | € 53,68 | € 590,52 | 2.581                | € 0,23                                |
| Giugno                 | € 148,14                  | € 34,60                            | € 204,06                                  | € 24,01 | € 41,08 | € 451,89 | 1.919                | € 0,24                                |
| Luglio                 | € 80,01                   | € 18,52                            | € 119,33                                  | € 13,30 | € 23,12 | € 254,28 | 1.064                | € 0,24                                |
| Agosto                 | € 34,16                   | € 9,30                             | € 64,27                                   | € 6,05  | € 11,38 | € 125,16 | 484                  | € 0,26                                |
| Settembre              | € 139,37                  | € 30,35                            | € 192,90                                  | € 22,55 | € 38,52 | € 423,69 | 1.804                | € 0,23                                |
| Ottobre                | € 189,02                  | € 36,88                            | € 250,11                                  | € 30,15 | € 50,62 | € 556,78 | 2.412                | € 0,23                                |



## E1329 – Scuola materna statale “Andersen” e scuola elementare “Montale”

|                                |                                    |   |   |                 |                 |                   |                              |   |
|--------------------------------|------------------------------------|---|---|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------------|---|
| Novembre                       | € 187,97                           | € 37,53   | € 256,06  | € 30,66         | € 51,22         | € 563,44          | 2.453                        | € 0,23  |
| Dicembre                       | € 173,00                           | € 35,42   | € 250,14  | € 28,86         | € 48,74         | € 536,16          | 2.309                        | € 0,23  |
| <b>Totale</b>                  | <b>€ 2.081,36</b>                  | <b>€ 413,59</b>                                 | <b>€ 2.745,69</b>                                   | <b>€ 334,47</b> | <b>€ 557,51</b> | <b>€ 6.132,62</b> | <b>26.756</b>                | <b>€ 0,23</b>                                   |
| <b>POD:<br/>IT001E00096008</b> | <b>QUOTA<br/>ENERGIA<br/>FISSA</b> | <b>ONERI DI<br/>SISTEMA<br/>PARTE<br/>FISSA</b> | <b>ONERI DI<br/>SISTEMA<br/>PARTE<br/>VARIABILE</b> | <b>IMPOSTE</b>  | <b>IVA</b>      | <b>TOTALE</b>     | <b>CONSUMO<br/>FATTURATO</b> | <b>COSTO<br/>UNITARIO<br/>(IVA<br/>INCLUSA)</b> |
| <b>Anno 2015</b>               | <b>[€]</b>                         | <b>[€]</b>                                      | <b>[€]</b>  | <b>[€]</b>      | <b>[€]</b>      |                   | <b>[kWh]</b>                 | <b>[€/kWh]</b>                                  |
| Gennaio                        | € 207,20                           | € 38,68   | € 286,13  | € 35,60         | € 56,76         | € 624,37          | 2.848                        | € 0,22  |
| Febbraio                       | € 207,31                           | € 40,65   | € 291,95  | € 37,01         | € 57,69         | € 634,61          | 2.961                        | € 0,21  |
| Marzo                          | € 212,20                           | € 43,29   | € 307,50  | € 39,53         | € 60,25         | € 662,77          | 3.162                        | € 0,21  |
| Aprile                         | € 92,75                            |   | € 181,73  | € 19,75         | € 29,42         | € 323,65          | 1.580                        | € 0,20  |
| Maggio                         | € 97,68                            |   | € 193,66  | € 21,68         | € 31,30         | € 344,32          | 2.314                        | € 0,15  |
| Giugno                         | € 91,70                            |   | € 189,17  | € 20,95         | € 30,18         | € 332,00          | 1.923                        | € 0,17  |
| Luglio                         | € 80,75                            |   | € 184,10  | € 19,58         | € 28,44         | € 312,87          | 1.128                        | € 0,28  |
| Agosto                         | € 88,00                            |   | € 199,69  | € 22,04         | € 30,97         | € 340,70          | 574                          | € 0,59  |
| Settembre                      | € 85,35                            |   | € 200,01  | € 22,09         | € 30,75         | € 338,20          | 1.767                        | € 0,19  |
| Ottobre                        | € 85,45                            |   | € 209,90  | € 22,55         | € 31,79         | € 349,69          | 2.771                        | € 0,13  |
| Novembre                       | € 82,21                            |   | € 214,22  | € 23,20         | € 31,96         | € 351,59          | 3.033                        | € 0,12  |
| Dicembre                       | € 106,60                           |   | € 262,38  | € 29,88         | € 39,89         | € 438,75          | 2.390                        | € 0,18  |
| <b>Totale</b>                  | <b>€ 1.437,20</b>                  | <b>€ 122,62</b>                                 | <b>€ 2.720,44</b>                                   | <b>€ 313,86</b> | <b>€ 459,41</b> | <b>€ 5.053,53</b> | <b>26.451</b>                | <b>€ 0,19</b>                                   |
| <b>POD:<br/>IT001E00096008</b> | <b>QUOTA<br/>ENERGIA<br/>FISSA</b> | <b>ONERI DI<br/>SISTEMA<br/>PARTE<br/>FISSA</b> | <b>ONERI DI<br/>SISTEMA<br/>PARTE<br/>VARIABILE</b> | <b>IMPOSTE</b>  | <b>IVA</b>      | <b>TOTALE</b>     | <b>CONSUMO<br/>FATTURATO</b> | <b>COSTO<br/>UNITARIO<br/>(IVA<br/>INCLUSA)</b> |
| <b>Anno 2016</b>               | <b>[€]</b>                         | <b>[€]</b>                                      | <b>[€]</b>  | <b>[€]</b>      | <b>[€]</b>      |                   | <b>[kWh]</b>                 | <b>[€/kWh]</b>                                  |
| Gennaio                        | € 125,86                           |   | € 279,25  | € 35,06         | € 44,02         | € 484,19          | 2.805                        | € 0,17  |
| Febbraio                       | € 135,69                           |   | € 316,08  | € 40,74         | € 49,25         | € 541,76          | 3.259                        | € 0,17  |
| Marzo                          | € 119,86                           |   | € 298,90  | € 38,39         | € 45,72         | € 502,87          | 3.071                        | € 0,16  |
| Aprile                         | € 162,12                           | € 68,25   | € 201,81  | € 34,83         | € 46,70         | € 513,71          | 2.786                        | € 0,18  |
| Maggio                         | € 146,18                           | € 64,19   | € 190,23  | € 32,70         | € 43,33         | € 476,63          | 2.616                        | € 0,18  |
| Giugno                         | € 150,10                           | € 56,04   | € 147,74  | € 24,90         | € 37,88         | € 416,66          | 1.992                        | € 0,21  |
| Luglio                         | € 121,37                           | € 35,13   | € 101,09  | € 16,36         | € 27,40         | € 301,35          | 1.309                        | € 0,23  |
| Agosto                         | € 96,23                            | € 15,75   | € 34,45   | € 4,11          | € 15,05         | € 165,59          | 329                          | € 0,50  |
| Settembre                      | € 22,57                            | € 56,21   | € 130,95  | € 21,85         | € 23,16         | € 254,74          | 1.748                        | € 0,15  |
| Ottobre                        | € 129,46                           | € 72,23   | € 202,73  | € 34,88         | € 43,93         | € 483,23          | 2.790                        | € 0,17  |
| Novembre                       | € 225,83                           | € 79,43   | € 218,78  | € 37,81         | € 56,19         | € 618,04          | 3.025                        | € 0,20  |
| Dicembre                       | € 273,40                           | € 76,52   | € 197,81  | € 33,98         | € 58,17         | € 639,88          | 2.718                        | € 0,24  |
| <b>Totale</b>                  | <b>€ 1.708,67</b>                  | <b>€ 523,75</b>                                 | <b>€ 2.319,82</b>                                   | <b>€ 355,61</b> | <b>€ 490,79</b> | <b>€ 5.398,64</b> | <b>28.448</b>                | <b>€ 0,19</b>                                   |

Nel grafico in figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

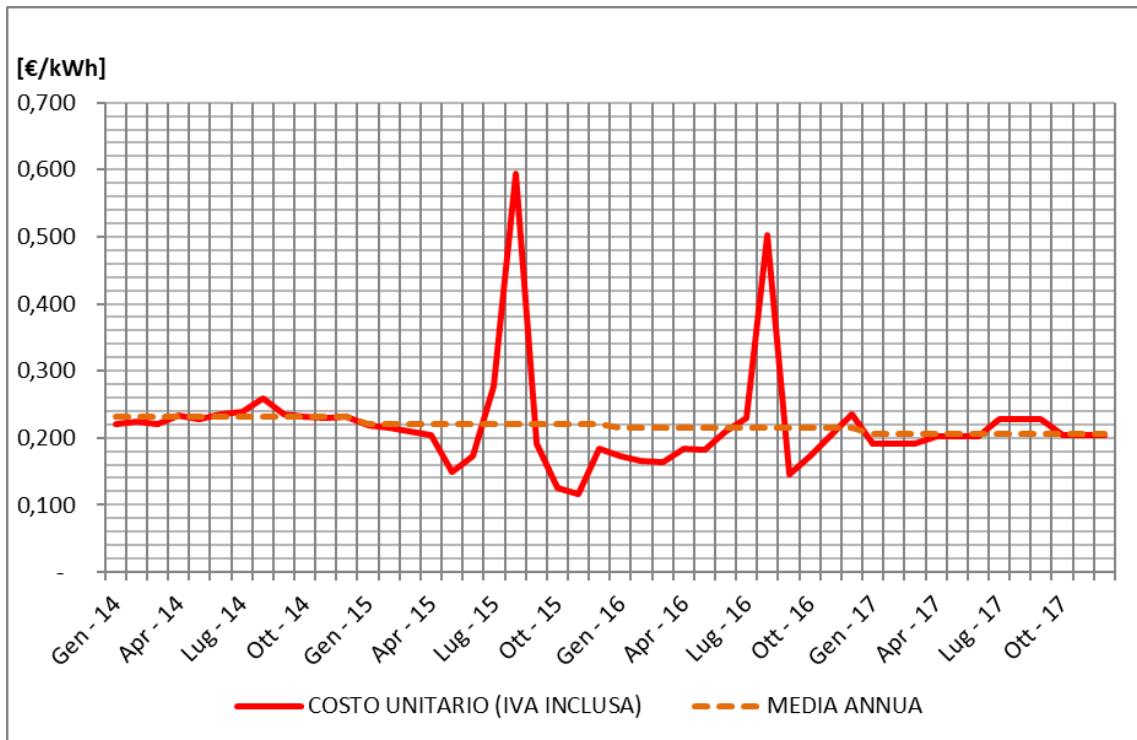
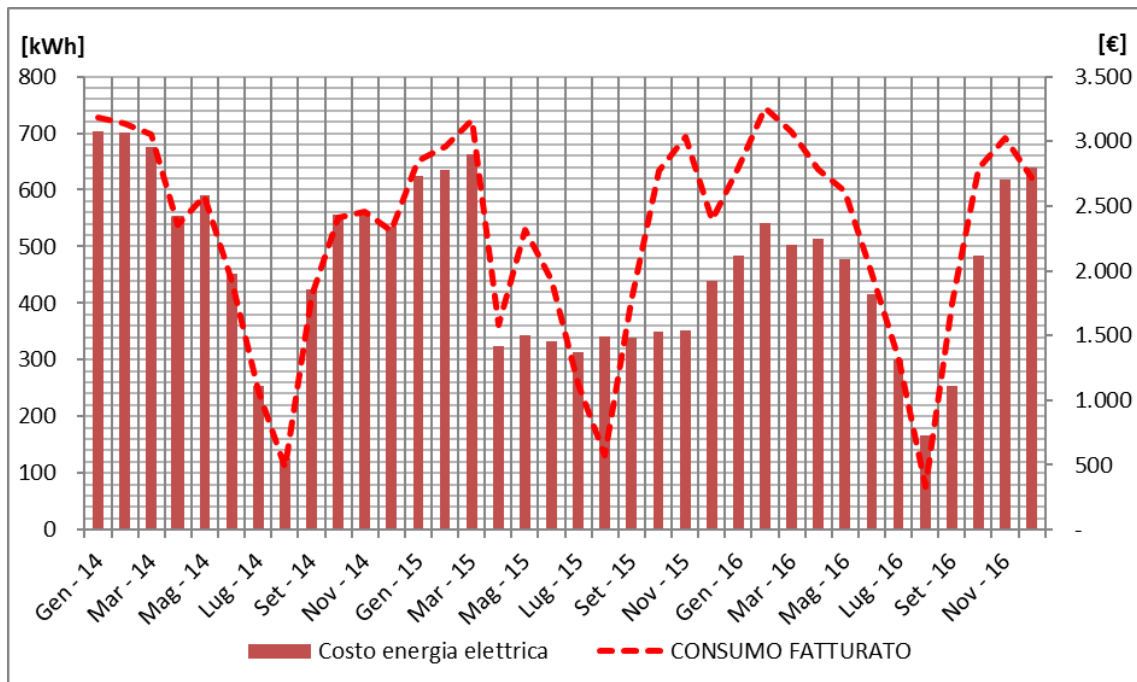


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi segue l’andamento dei consumi di energia elettrica.

## 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

La valutazione dei costi consente l'individuazione delle tariffe utili – intesi come costi unitari o complessivi al netto della sola IVA – per la realizzazione dell'analisi costi-benefici.

Nella Tabella 7.6 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.6 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO  | VETTORE TERMICO |      |         | VETTORE ELETTRICO |            |         |
|-------|-----------------|------|---------|-------------------|------------|---------|
|       | [kWh]           | [€]  | [€/kWh] | [kWh]             | [€]        | [€/kWh] |
| 2014  | 65.784          | n.d. | n.d.    | 26.756            | € 6.132,62 | € 0,23  |
| 2015  | 70.274          | n.d. | n.d.    | 26.451            | € 5.053,53 | € 0,19  |
| 2016  | 82.312          | n.d. | n.d.    | 28.448            | € 3.920,97 | € 0,19  |
| Media | 72.790          | n.d. | n.d.    | 27.218            | € 5.035,71 | € 0,2   |

Nota (23): Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.7.

Tabella 7.7 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione                           |                   | Valore                 | U.M.    |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------|---------|
| Costo unitario dell'energia termica   | Valore ARERA 2017 | Cu <sub>Q</sub> 0,083  | [€/kWh] |
| Costo unitario dell'energia elettrica | Valore ARERA 2017 | Cu <sub>EE</sub> 0,206 | [€/kWh] |

Nota (23): Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

## 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-116: servizio SIE3

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l'affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 26 legge n. 488/1999 e s.m.i. e dell'art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di “Gestione, Conduzione e Manutenzione”, si deduce che i servizi compresi all'interno della componente manutentiva riguardano:

- 1) Gestione e conduzione degli impianti, comprensivo del servizio di terzo responsabile;
- 2) Manutenzione ordinaria degli impianti:
  - Manutenzione Preventiva,
  - Manutenzione Correttiva a guasto (con servizio di reperibilità e pronto intervento);
- 3) Manutenzione straordinaria:
  - Interventi di adeguamento normativo;
  - Interventi di riqualificazione energetica.

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 16.184 €.

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C<sub>M</sub> sono stimati come segue:

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q;$$

e sono ripartiti in una quota ordinaria ( $C_{MO}$ ) e in una quota straordinaria ( $C_{MS}$ ) come segue:

$$C_{MS} = 0.21 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.79 \times C_M$$

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

Tabella 7.8 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione                                    |   | Valore         | U.M.     |
|--|---|----------------|----------|
| Costo per la gestione e manutenzione ordinaria | Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere | $C_{MO}$ 7.607 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria        | Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere | $C_{MS}$ 2.022 | [€/anno] |

Nota (23): Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

I costi unitari dei vettori energetici precedentemente individuati, devono essere moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline al fine di definire la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito della realizzazione delle EEM proposte.

La Baseline dei Costi è quindi definita come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times Cu_Q + EE_{baseline} \times Cu_{EE}$$

La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 12.165 euro ed un  $C_{baseline}$  pari a 21.795 euro.

Tabella 7.9 – Costi Baseline

| VETTORE TERMICO |         |       | VETTORE ELETTRICO |           |          | O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ ) |          |          | TOTALE      |
|-----------------|---------|-------|-------------------|-----------|----------|---------------------------|----------|----------|-------------|
| $Q_{baseline}$  | $Cu_Q$  | $C_Q$ | $EE_{baseline}$   | $Cu_{EE}$ | $C_{EE}$ | $C_M$                     | $C_{MO}$ | $C_{MS}$ | $CQ+CEE+CM$ |
| [kWh]           | [€/kWh] | [€]   | [kWh]             | [€/kWh]   | [€]      | [€]                       | [€]      | [€]      | [€]         |
| 78.870          | 0,083   | 6.554 | 27.218            | 0,206     | 5.611    | 9.629                     | 7.607    | 2.022    | 21.795      |

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

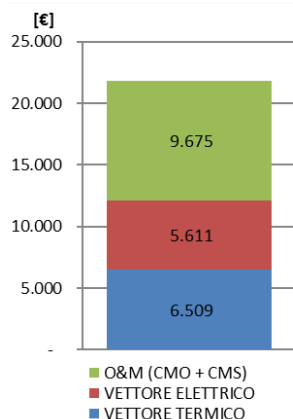
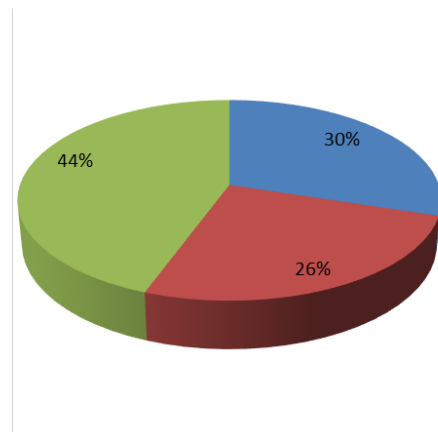


Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

### 8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### **EEM 3: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia**

###### **Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura e del solaio sottotetto al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere.

Figura 8.1 - Particolare della copertura / terrazzo



###### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

Isolamento solaio di copertura:

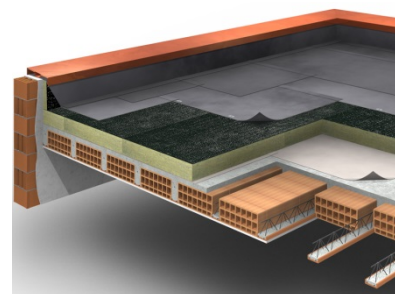
questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo essa a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento). Perché l'elemento termoisolante mantenga nel tempo le proprie caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore, è molto importante che esso, salvo casi particolari, venga protetto da uno schermo o barriera al vapore posto al di sotto di esso in modo da evitare che l'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti ne pregiudichi nel tempo le caratteristiche.

Isolamento solaio sottotetto:

posa del materiale isolante, senza alcuna protezione superiore. I pannelli devono essere ben accostati tra di loro, avendo cura di rivestire in modo continuo il supporto. Sugli angoli o nei punti d'incontro tra pavimento e parete (parapetti, muretti o altro), è necessario prevedere il rivestimento per almeno 60 cm per lato.

**Lana di roccia** ad alta resistenza meccanica, conduttività termica  $\lambda$  **0,038 W/mK**,  $150 \text{ kg/m}^3$

**Spessore isolante: 16 cm**



### Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti;
- posa dell'eventuale manto impermeabile.

Qualora necessario ed opportuno preventivamente si può rimuovere una pavimentazione e/o un massetto esistente e riposarne uno nuovo sopra il manto impermeabile.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1

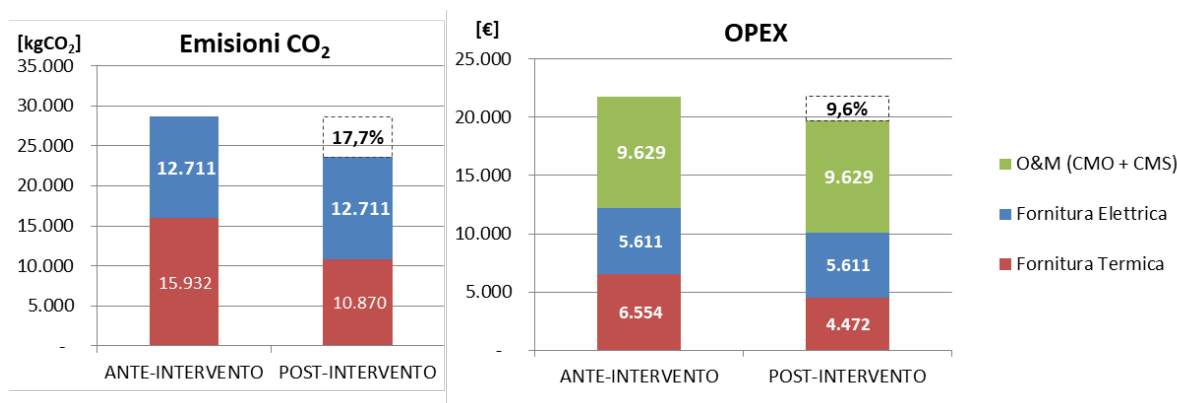
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM3: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia

| CALCOLO RISPARMIO                        | U.M.                      | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE     |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| EEM3 Trasmittanza                        | [W/m <sup>2</sup> K]      | 1,49            | 0,209           | <b>86,0%</b>  |
| Q <sub>teorico</sub>                     | [kWh]                     | 76.635          | 52.288          | <b>31,8%</b>  |
| EE <sub>teorico</sub>                    | [kWh]                     | 26.525          | 26.525          | <b>0,0%</b>   |
| Q <sub>baseline</sub>                    | [kWh]                     | 78.870          | 53.813          | <b>31,8%</b>  |
| EE <sub>Baseline</sub>                   | [kWh]                     | 27.218          | 27.218          | <b>0,0%</b>   |
| Emiss. CO2 Termico                       | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 15.932          | 10.870          | <b>31,8%</b>  |
| Emiss. CO2 Elettrico                     | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 12.711          | 12.711          | <b>0,0%</b>   |
| <b>Emiss. CO2 TOT</b>                    | <b>[kgCO<sub>2</sub>]</b> | <b>28.643</b>   | <b>23.581</b>   | <b>17,7%</b>  |
| Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>        | [€]                       | 6.554           | 4.472           | <b>31,8%</b>  |
| Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>     | [€]                       | 5.611           | 5.611           | <b>0,0%</b>   |
| <b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>  | <b>[€]</b>                | <b>12.165</b>   | <b>10.083</b>   | <b>17,1%</b>  |
| C <sub>MO</sub>                          | [€]                       | 7.607           | 7.607           | <b>0,0%</b>   |
| C <sub>MS</sub>                          | [€]                       | 2.022           | 2.022           | <b>0,0%</b>   |
| O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> ) | [€]                       | <b>9.629</b>    | <b>9.629</b>    | <b>0,0%</b>   |
| OPEX                                     | [€]                       | <b>21.795</b>   | <b>19.712</b>   | <b>9,6%</b>   |
| Classe energetica                        | [-]                       | C               | C               | stessa classe |

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

Nota (25): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.2 - EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



#### **EEM 4: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con polistirene**

##### **Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all’estradosso della copertura e del solaio sottotetto al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l’applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso conforme all’uso che tale copertura dovrà avere.

Figura 8.3 - Particolare della copertura / terrazzo



##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

Isolamento solaio di copertura:

questo tipo di soluzione prevede che l’elemento di tenuta sia posto al di sopra dell’elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo essa a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento). Perché l’elemento termoisolante mantenga nel tempo le proprie caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore, è molto importante che esso, salvo casi particolari, venga protetto da uno schermo o barriera al vapore posto al di sotto di esso in modo da evitare che l’umidità proveniente dagli ambienti sottostanti ne pregiudichi nel tempo le caratteristiche.

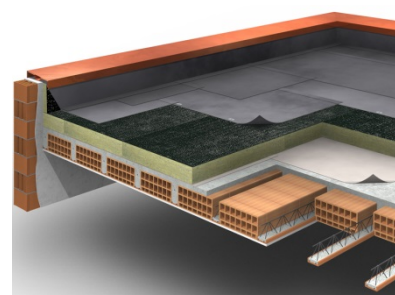
Isolamento solaio sottotetto:

posa del materiale isolante, senza alcuna protezione superiore. I pannelli devono essere ben accostati tra di loro, avendo cura di rivestire in modo continuo il supporto. Sugli angoli o nei punti d’incontro tra pavimento e parete (parapetti, muretti o altro), è necessario prevedere il rivestimento per almeno 60 cm per lato.

##### **Polistirene espando in lastre**

sinterizzato, conduttività termica  $\lambda$  **0,039 W/mK**,  $10-13 \text{ kg/m}^3$

**Spessore isolante: 16 cm**



##### **Descrizione dei lavori**

L’intervento è così articolato:

- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti;
- posa dell’eventuale manto impermeabile.

Qualora necessario ed opportuno preventivamente si può rimuovere una pavimentazione e/o un massetto esistente e riposarne uno nuovo sopra il manto impermeabile.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1

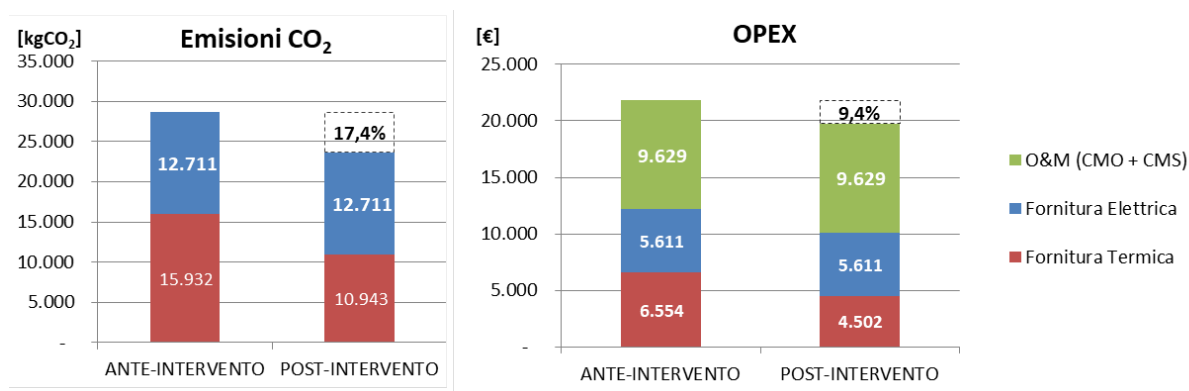
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM4: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con polistirene

| CALCOLO RISPARMIO                        | U.M.                      | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE       |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| EEM4 Trasmittanza                        | [W/m <sup>2</sup> K]      | 1,49            | 0,206           | <b>86,2%</b>    |
| Q <sub>teorico</sub>                     | [kWh]                     | 76.635          | 52.638          | <b>31,3%</b>    |
| EE <sub>teorico</sub>                    | [kWh]                     | 26.525          | 26.525          | <b>0,0%</b>     |
| Q <sub>baseline</sub>                    | [kWh]                     | 78.870          | 54.173          | <b>31,3%</b>    |
| EE <sub>Baseline</sub>                   | [kWh]                     | 27.218          | 27.218          | <b>0,0%</b>     |
| Emiss. CO2 Termico                       | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 15.932          | 10.943          | <b>31,3%</b>    |
| Emiss. CO2 Elettrico                     | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 12.711          | 12.711          | <b>0,0%</b>     |
| <b>Emiss. CO2 TOT</b>                    | <b>[kgCO<sub>2</sub>]</b> | <b>28.643</b>   | <b>23.654</b>   | <b>17,4%</b>    |
| Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>        | [€]                       | 6.554           | 4.502           | <b>31,3%</b>    |
| Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>     | [€]                       | 5.611           | 5.611           | <b>0,0%</b>     |
| <b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>  | <b>[€]</b>                | <b>12.165</b>   | <b>10.113</b>   | <b>16,9%</b>    |
| C <sub>MO</sub>                          | [€]                       | 7.607           | 7.607           | <b>0,0%</b>     |
| C <sub>MS</sub>                          | [€]                       | 2.022           | 2.022           | <b>0,0%</b>     |
| O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> ) | [€]                       | <b>9.629</b>    | <b>9.629</b>    | <b>0,0%</b>     |
| OPEX                                     | [€]                       | <b>21.795</b>   | <b>19.742</b>   | <b>9,4%</b>     |
| Classe energetica                        | [-]                       |                 | C               | C stessa classe |

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

Nota (25): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline





### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### **EEM 2: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore elettrica ed installazione delle termovalvole**

##### **Generalità**

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con una pompa di calore ad alta efficienza e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe “A”, di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La pompa di calore, ad alta efficienza, dovrà garantire temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite da propria centralina climatica.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

La pompa di calore dovrà essere dotata di un circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della pompa di calore. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la pompa di calore ed il serbatoio di accumulo mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

##### **Descrizione dei lavori**

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installata la pompa di calore con serbatoio di accumulo e circuito primario. Al serbatoio verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Figura 8.5 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella che segue.

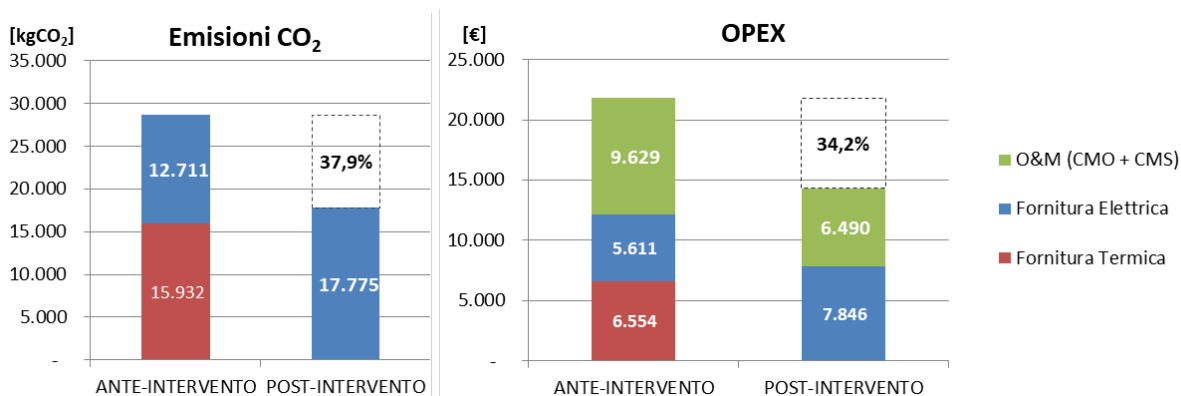
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM2: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore elettrica ed installazione delle termovalvole

| CALCOLO RISPARMIO                          | U.M.                      | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE      |           |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|
| EEM2 Rendimento                            | [%]                       | 90,90%          | 402,00%         | <b>-342,2%</b> |           |
| $Q_{teorico}$                              | [kWh]                     | 76.635          | -               | <b>100,0%</b>  |           |
| $EE_{teorico}$                             | [kWh]                     | 26.525          | 37.092          | <b>-39,8%</b>  |           |
| $Q_{baseline}$                             | [kWh]                     | 78.870          | -               | <b>100,0%</b>  |           |
| $EE_{baseline}$                            | [kWh]                     | 27.218          | 38.061          | <b>-39,8%</b>  |           |
| Emiss. CO2 Termico                         | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 15.932          | -               | <b>100,0%</b>  |           |
| Emiss. CO2 Elettrico                       | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 12.711          | 17.775          | <b>-39,8%</b>  |           |
| <b>Emiss. CO2 TOT</b>                      | <b>[kgCO<sub>2</sub>]</b> | <b>28.643</b>   | <b>17.775</b>   | <b>37,9%</b>   |           |
| Fornitura Termica, $C_Q$                   | [€]                       | 6.554           | -               | <b>100,0%</b>  |           |
| Fornitura Elettrica, $C_{EE}$              | [€]                       | 5.611           | 7.846           | <b>-39,8%</b>  |           |
| <b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b> | <b>[€]</b>                | <b>12.165</b>   | <b>7.846</b>    | <b>35,5%</b>   |           |
| $C_{MO}$                                   | [€]                       | 7.607           | 6.086           | <b>20,0%</b>   |           |
| $C_{MS}$                                   | [€]                       | 2.022           | 404             | <b>80,0%</b>   |           |
| O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )                  | [€]                       | <b>9.629</b>    | <b>6.490</b>    | <b>32,6%</b>   |           |
| OPEX                                       | [€]                       | <b>21.795</b>   | <b>14.337</b>   | <b>34,2%</b>   |           |
| Classe energetica                          | [-]                       |                 | C               | A2             | +3 classi |

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

Nota (25): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Nota (26) La riduzione del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.6 – EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### EEM 5: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole

#### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione omologato quattro stelle e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La caldaia a condensazione- omologata quattro stelle- garantirà temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite dalla centralina climatica della caldaia.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

#### Caratteristiche funzionali e tecniche

La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

### Descrizione dei lavori

I lavori consistranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installato il nuovo generatore di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Figura 8.7 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.4.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM5: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole

| CALCOLO RISPARMIO                          | U.M.                      | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE     |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| EEM5 Rendimento                            | [%]                       | 90,90%          | 103,00%         | <b>-13,3%</b> |
| $Q_{teorico}$                              | [kWh]                     | 76.635          | 42.322          | <b>44,8%</b>  |
| $EE_{teorico}$                             | [kWh]                     | 26.525          | 26.451          | <b>0,3%</b>   |
| $Q_{baseline}$                             | [kWh]                     | 78.870          | 43.556          | <b>44,8%</b>  |
| $EE_{baseline}$                            | [kWh]                     | 27.218          | 27.142          | <b>0,3%</b>   |
| Emiss. CO2 Termico                         | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 15.932          | 8.798           | <b>44,8%</b>  |
| Emiss. CO2 Elettrico                       | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 12.711          | 12.675          | <b>0,3%</b>   |
| <b>Emiss. CO2 TOT</b>                      | <b>[kgCO<sub>2</sub>]</b> | <b>28.643</b>   | <b>21.474</b>   | <b>25,0%</b>  |
| Fornitura Termica, $C_Q$                   | [€]                       | 6.554           | 3.620           | <b>44,8%</b>  |
| Fornitura Elettrica, $C_{EE}$              | [€]                       | 5.611           | 5.595           | <b>0,3%</b>   |
| <b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b> | <b>[€]</b>                | <b>12.165</b>   | <b>9.215</b>    | <b>24,3%</b>  |
| $C_{MO}$                                   | [€]                       | 7.607           | 6.086           | <b>20,0%</b>  |
| $C_{MS}$                                   | [€]                       | 2.022           | 404             | <b>80,0%</b>  |
| O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )                  | [€]                       | <b>9.629</b>    | <b>6.490</b>    | <b>32,6%</b>  |

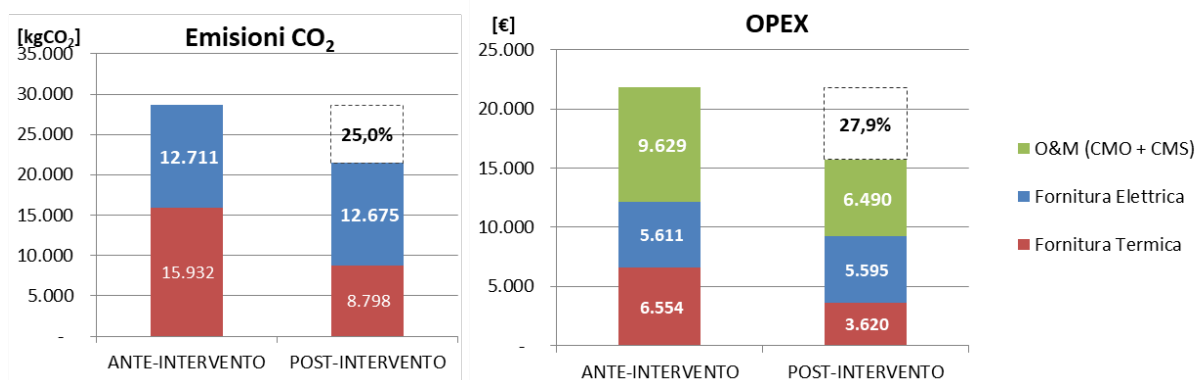
|                   |     |        |        |               |
|-------------------|-----|--------|--------|---------------|
| OPEX              | [€] | 21.795 | 15.705 | 27,9%         |
| Classe energetica | [-] | C      | C      | stessa classe |

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

Nota (25): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Nota (26) La riduzione del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.8 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

### 8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessuna EEM prevista perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

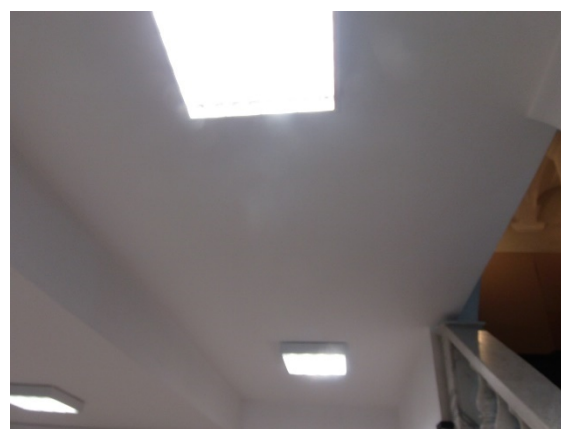
#### EEM 1: relamping

##### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con tubi a led.

L'intervento comporta la sostituzione di tutte le lampade della scuola modificando gli apparecchi esistenti in funzione dei nuovi tubi a led.

Figura 8.9 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Per evidenziare la convenienza che si ha nell'uso della tecnologia a led si possono citare i seguenti aspetti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.

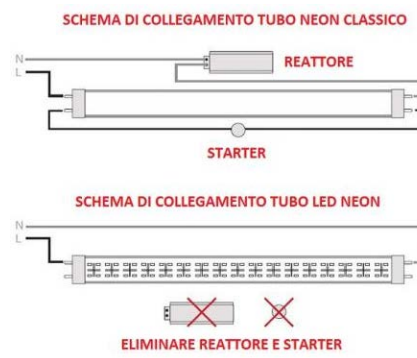
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; Di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a LED proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **111 lm/W**. In confronto le altre tecnologie hanno le seguenti efficienze:
  - 13 lm/W delle lampade ad incandescenza
  - 16 lm/W per le alogene
  - 50 lm/W per le fluorescenti (cosidette a risparmio energetico)
  - 111 lm/W per i Led.
- Manutenzione: i costi per la manutenzione degli apparati di illuminazione a LED vengono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti di uso comune.
- Salubrità e rischio inquinamento: I LED non contengono gas nocivi alla salute; in tema poi di inquinamento luminoso il led brilla, ma non satura l'ambiente e nulle sono le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni

### Descrizione dei lavori

Per quanto riguarda il principio diverso tra NEON e LED per la sostituzione dei primi con i secondi bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED pretende i 220V diretti:

- 1) eliminare lo STARTER
- 2) eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

Figura 8.10 - Particolare schema collegamento tubi neon classici e tubo led



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM1: [relamping](#)

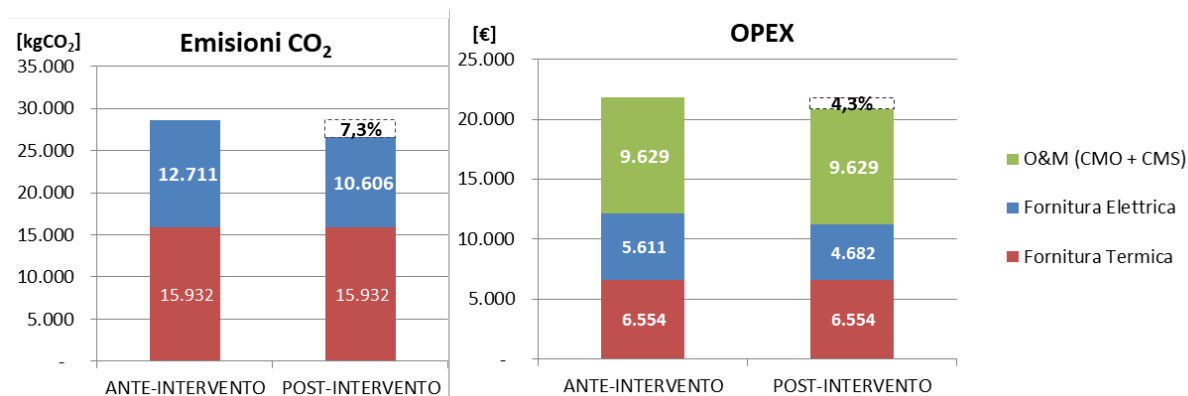
| CALCOLO RISPARMIO        | U.M.                      | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE     |
|--------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| EEM1 Efficienza luminosa | [lm/W]                    | 86              | 110             | <b>-27,9%</b> |
| $Q_{teorico}$            | [kWh]                     | 76.635          | 76.635          | <b>0,0%</b>   |
| $EE_{teorico}$           | [kWh]                     | 26.525          | 22.132          | <b>16,6%</b>  |
| $Q_{baseline}$           | [kWh]                     | 78.870          | 78.870          | <b>0,0%</b>   |
| $EE_{baseline}$          | [kWh]                     | 27.218          | 22.710          | <b>16,6%</b>  |
| Emiss. CO2 Termico       | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 15.932          | 15.932          | <b>0,0%</b>   |
| Emiss. CO2 Elettrico     | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 12.711          | 10.606          | <b>16,6%</b>  |
| <b>Emiss. CO2 TOT</b>    | <b>[kgCO<sub>2</sub>]</b> | <b>28.643</b>   | <b>26.538</b>   | <b>7,3%</b>   |

|  |            |               |               |               |
|--|------------|---------------|---------------|---------------|
| Fornitura Termica, $C_Q$                   | [€]        | 6.554         | 6.554         | <b>0,0%</b>   |
| Fornitura Elettrica, $C_{EE}$              | [€]        | 5.611         | 4.682         | <b>16,6%</b>  |
| <b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b> | <b>[€]</b> | <b>12.165</b> | <b>11.236</b> | <b>7,6%</b>   |
| $C_{MO}$                                   | [€]        | 7.607         | 7.607         | <b>0,0%</b>   |
| $C_{MS}$                                   | [€]        | 2.022         | 2.022         | <b>0,0%</b>   |
| O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )                  | [€]        | <b>9.629</b>  | <b>9.629</b>  | <b>0,0%</b>   |
| <b>OPEX</b>                                | <b>[€]</b> | <b>21.795</b> | <b>20.865</b> | <b>4,3%</b>   |
| Classe energetica                          | [-]        |               | C C           | stessa classe |

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

Nota (25): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.11 – EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessuna EEM prevista. in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

### 9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

#### EEM 1: relamping

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei tubi fluorescenti con tubi a led.

La realizzazione di tale intervento non consente di ottenere l'incentivo del conto termico.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1

| DESCRIZIONE  | FONTE PREZZO UTILIZZATO   | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO               | PREZZO UNITARIO<br>O<br>SCONTATO | TOTALE<br>(IVA<br>ESCLUSIVA) | IVA        | TOTALE<br>(IVA<br>INCLUSA) |
|--|---|----------|------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------|----------------------------|
|  |   |          |      | [€/n° o<br>€/m <sup>2</sup> ] | [€/n° o<br>€/m <sup>2</sup> ]    | [€]                          |            | %                          |
| Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 36 W - starter incluso                  | <a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a> | 104      | cad. | 7,45                          | 6,77                             | 704,36                       | 22%        | 859,32                     |
| Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 24/30 W - starter incluso               | <a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a> | 16       | cad. | 10,15                         | 9,23                             | 147,64                       | 22%        | 180,12                     |
| Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 58 W - starter incluso                  | <a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a> | 80       | cad. | 19,7                          | 17,91                            | 1.432,73                     | 22%        | 1.747,93                   |
| Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 18 W - starter incluso                  | <a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a> | 103      | cad. | 14,85                         | 13,50                            | 1.390,50                     | 22%        | 1.696,41                   |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020   | 100      | h    | 31,88                         | 28,98                            | 2.898,18                     | 22%        | 3.535,78                   |
| Costi per la sicurezza   | -   | 3%       | %    |                               |                                  | 197,20                       | 22%        | 240,59                     |
| Costi progettazione (in % su importo lavori)   | -   | 7%       | %    |                               |                                  | 460,14                       | 22%        | 561,37                     |
| <b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>   |   |          |      |                               |                                  | <b>7.230,75</b>              | <b>22%</b> | <b>8.821,52</b>            |

Nota (27): si è considerata la sola sostituzione delle lampade senza i corpi illuminanti in considerazione del vincolo esistente sull'edificio di conseguenza non si è potuto risalire ad un prezzo inserito in un prezziario ufficiale regionale; si è tuttavia selezionato un fornitore unico facilmente reperibile sul mercato italiano per la quotazione dei pezzi.

#### EEM 2: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore elettrica ed installazione delle termovalvole

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 2006 con una pompa di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.



Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2

| DESCRIZIONE   | FORTE PREZZO UTILIZZATO                                       | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO<br>[€/n° o €/m <sub>2</sub> ] | PREZZO UNITARIO SCONTATO<br>[€/n° o €/m <sub>2</sub> ] | TOTALE (IVA ESCLUSA)<br>[€] | IVA<br>%   | TOTALE (IVA INCLUSA)<br>[€] |
|---|---|----------|------|---|--|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera   | Prezziario<br>Comune di Milano<br>- voce:<br>1M.02.050.0020.h | 1        | cad  | 44.304,35                                     | 40.276,68  | 40.276,68                   | 22%        | 49.137,55                   |
| Kit idronico  | Prezziario<br>Comune di Milano<br>- voce:<br>1M.02.050.0030.b | 1        | cad  | 1.420,71                                      | 1.291,55   | 1.291,55                    | 22%        | 1.575,70                    |
| Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm  | Prezziario<br>Regione Liguria<br>PR.C17.A15.010               | 43       | cad  | 35,42   | 32,20  | 1.384,60                    | 22%        | 1.689,21                    |
| Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m <sup>3</sup> /h | Prezziario<br>Regione Liguria<br>PR.C47.H10.135               | 1        | cad  | €<br>2.999,95                                 | €<br>2.727,23  | €<br>2.727,23               | 22%        | 3.327,22                    |
| Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm   | Prezziario<br>Regione Liguria<br>40.E10.A10.020               | 1        | cad  | 50,06   | 45,51  | 45,51                       | 22%        | 55,52                       |
| Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V  | Prezziario<br>Regione Liguria<br>PR.E40.B05.210               | 1        | cad  | 22,69   | 20,63  | 20,63                       | 22%        | 25,17                       |
| Costi per la sicurezza  | -   | 3%       | %    |   |  | 1.372,39                    | 22%        | 1.674,31                    |
| Costi progettazione (in % su importo lavori)  | -   | 7%       | %    |   |  | 3.202,23                    | 22%        | 3.906,73                    |
| <b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>  |   |          |      |   |  | <b>50.320,82</b>            | <b>22%</b> | <b>61.391,40</b>            |
| <b>Incentivi</b>  | <b>Conto termico</b>  |          |      |   |  |                             |            | <b>39.904</b>               |
| <b>Durata incentivi</b>   | <b>5 anni</b>   |          |      |   |  |                             |            |                             |
| <b>Incentivo annuo</b>  |   |          |      |   |  |                             |            | <b>7.980,8</b>              |

Tabella 9.3 – Stima dell’incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO |  |
|-------------------------------|--|
| Percentuale spesa ammissibile | $I_{a\ tot} = Q_u \cdot [1 - 1/(COP)] \cdot C_i$ Dove<br>$I_{a\ tot}$ = incentivo annuo (rata annua) in euro<br>$Q_u$ : calore totale prodotto dall’impianto, espresso in kWh<br>$C_i$ : coefficiente di valorizzazione dell’energia termica prodotta<br><br><i>Riferimento: Regole Applicative Conto Termico - 5.8.4 Calcolo dell’incentivo</i> |
| Costo massimo ammissibile     | n.a.   |
| Valore massimo incentivo      | 65%  |

**EEM 3: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella posa di uno stato di isolante sulla copertura piana dell'edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito riportato.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM3

| DESCRIZIONE   | FONTE PREZZO UTILIZZATO                           | QUANTITÀ  | U.M.  | PREZZO UNITARIO<br>[€/n° o €/m <sup>2</sup> ] | PREZZO UNITARIO SCONTATO<br>[€/n° o €/m <sup>2</sup> ] | TOTALE (IVA ESCLUSA)<br>[€] | IVA<br>%   | TOTALE (IVA INCLUSA)<br>[€] |
|---|---|-----------|-------|---|--|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)               | Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019 | 455,33    | mq    | 6,26  | 5,69   | 2.591,24                    | 22%        | 3.161,31                    |
| Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata                               | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039 | 74,56     | mq    | 5,67  | 5,15   | 384,32                      | 22%        | 468,87                      |
| Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010 | 455,33x16 | mq cm | 2,00  | 1,82   | 13.245,96                   | 22%        | 16.160,08                   |
| Costi per la sicurezza  | -   | 3%        | %     |   |  | 486,65                      | 22%        | 593,71                      |
| Costi progettazione (in % su importo lavori)  | -   | 7%        | %     |   |  | 1.135,51                    | 22%        | 1.385,32                    |
| <b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>  |   |           |       |   |  | <b>17.843,68</b>            | <b>22%</b> | <b>21.769,29</b>            |
| <b>Incentivi</b>  | <b>Conto termico</b>                              |           |       |   |  |                             |            | <b>7.563</b>                |
| <b>Durata incentivi</b>   | <b>5 anni</b>                                     |           |       |   |  |                             |            |                             |
| <b>Incentivo annuo</b>  |   |           |       |   |  |                             |            | <b>1.512,6</b>              |

Tabella 9.5– Stima dell'incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO                  |                      |
|--|----------------------|
| Percentuale spesa ammissibile                  | 40%                  |
| Costo massimo ammissibile isolamento copertura | 200 €/m <sup>2</sup> |
| Costo massimo ammissibile isolamento solaio    | 100 €/m <sup>2</sup> |
| Valore massimo incentivo                       | 400.000 €            |

#### **EEM 4: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con polistirene**

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella posa di uno stato di isolante sulla copertura piana dell'edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito riportato.

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM4

| DESCRIZIONE   | FONTE PREZZO UTILIZZATO                           | QUANTITÀ  | U.M.  | PREZZO UNITARIO<br>[€/n° o €/m <sup>2</sup> ] | PREZZO UNITARIO SCONTATO<br>[€/n° o €/m <sup>2</sup> ] | TOTALE (IVA ESCLUSA)<br>[€] | IVA<br>%   | TOTALE (IVA INCLUSA)<br>[€] |
|---|---|-----------|-------|---|--|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili) | Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019 | 455,33    | mq    | 6,26  | 5,69   | 2.591,24                    | 22%        | 3.161,31                    |
| Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata                 | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039 | 74,56     | mq    | 5,67  | 5,15   | 384,32                      | 22%        | 468,87                      |
| Pannelli in polistirene espanso sinterizzato 10-13 kg/mc                  | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.U01.010 | 455,33x16 | mq cm | 0,33  | 0,30   | 2.185,58                    | 22%        | 2.666,41                    |
| Costi per la sicurezza  | -   | 3%        | %     |   |  | 154,83                      | 22%        | 188,90                      |
| Costi progettazione (in % su importo lavori)                              | -   | 7%        | %     |   |  | 361,28                      | 22%        | 440,76                      |
| <b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM4)</b>                                       |   |           |       |   |  | <b>5.677,26</b>             | <b>22%</b> | <b>6.926,26</b>             |
| <b>Incentivi</b>  | <b>Conto termico</b>                              |           |       |   |  |                             |            | <b>2.770</b>                |
| <b>Durata incentivi</b>   | <b>5 anni</b>                                     |           |       |   |  |                             |            |                             |
| <b>Incentivo annuo</b>  |   |           |       |   |  |                             |            | <b>554</b>                  |

Tabella 9.7– Stima dell'incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO                  |                      |
|--|----------------------|
| Percentuale spesa ammissibile                  | 40%                  |
| Costo massimo ammissibile isolamento copertura | 200 €/m <sup>2</sup> |
| Costo massimo ammissibile isolamento solaio    | 100 €/m <sup>2</sup> |
| Valore massimo incentivo                       | 400.000 €            |

#### **EEM 5: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole**

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 2006 con una poma di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito riportato.

Tabella 9.8– Analisi dei costi della EEM5

| DESCRIZIONE  | FONTE PREZZO UTILIZZATO                   | QU ANTITÀ | U.M.              | PREZZO UNITARIO<br>[€/n° o €/m <sub>2</sub> ] | PREZZO UNITARIO SCONTATO<br>[€/n° o €/m <sub>2</sub> ] | TOTALE (IVA ESCLUSA)<br>[€] | IVA<br>% | TOTALE (IVA INCLUSA)<br>[€] |
|--|---|-----------|-------------------|---|--|-----------------------------|----------|-----------------------------|
| Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio  | Prezziario Regione Liguria PR.C76.B10.030 | 1         | cad               | 18.785,25                                     | 17.077,50  | 17.077,50                   | 22%      | 20.834,55                   |
| Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm                                    | Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520 | 1         | cad               | 253,00  | 230,00   | 230,00                      | 22%      | 280,60                      |
| Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m   | Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020 | 5         | cad               | 21,13   | 19,21  | 96,05                       | 22%      | 117,18                      |
| Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm   | Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015 | 2         | cad               | 28,46   | 25,87  | 51,75                       | 22%      | 63,13                       |
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere  | Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030 | 1         | cad               | 120,60  | 109,64   | 109,64                      | 22%      | 133,76                      |
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico  | Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040 | 1         | cad               | 29,71   | 27,01  | 27,01                       | 22%      | 32,95                       |
| Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali   | Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010 | 1         | cad               | 146,74  | 133,40   | 133,40                      | 22%      | 162,75                      |
| Opere edili Operaio Qualificato  | Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030 | 15        | h                 | 34,41   | 31,28  | 469,23                      | 22%      | 572,46                      |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato   | Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020 | 40        | h                 | 31,88   | 28,98  | 1.159,27                    | 22%      | 1.414,31                    |
| Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km. | Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015 | 100       | m <sup>3</sup> km | 4,72  | 4,29   | 429,09                      | 22%      | 523,49                      |
| Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm   | Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010 | 43        | cad               | 35,42   | 32,20  | 1.384,60                    | 22%      | 1.689,21                    |

|  |  |    |     |               |               |   |                  |             |                  |
|--|--|----|-----|---------------|---------------|---|------------------|-------------|------------------|
| Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m <sup>3</sup> /h | Prezziario Regione Liguria<br>PR.C47.H10.115 | 1  | cad | €<br>1.916,48 | €<br>1.742,25 | € | 1.742,25         | 22%         | 2.125,55         |
| Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm  | Prezziario Regione Liguria<br>40.E10.A10.020 | 1  | cad | €<br>50,06    | €<br>45,51    | € | 45,51            | 22%         | 55,52            |
| Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V   | Prezziario Regione Liguria<br>PR.E40.B05.210 | 1  | cad | €<br>22,69    | €<br>20,63    | € | 20,63            | 22%         | 25,17            |
| Costi per la sicurezza   | -  | 3% | %   |               |               |   | 689,28           | 22%         | 840,92           |
| Costi progettazione (in % su importo lavori)   | -  | 7% | %   |               |               |   | 1.608,31         | 22%         | 1.962,14         |
| <b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEMS)</b>   |  |    |     |               |               |   | <b>25.273,51</b> | <b>0,22</b> | <b>30.833,68</b> |
| <b>Incentivi</b>   | <b>Conto termico</b>                         |    |     |               |               |   |                  |             | <b>12.333</b>    |
| <b>Durata incentivi</b>  | <b>5 anni</b>                                |    |     |               |               |   |                  |             |                  |
| <b>Incentivo annuo</b>   |  |    |     |               |               |   |                  |             | <b>2.466,6</b>   |

Tabella 9.9– Stima dell’incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO |          |
|-------------------------------|----------|
| Percentuale spesa ammissibile | 40%      |
| Costo massimo ammissibile     | 130 €/kW |
| Valore massimo incentivo      | 40.000 € |

## 9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

L’analisi di convenienza delle singole EEM analizzate è stata svolta tramite la valutazione dei principali indicatori economici d’investimento secondo il metodo dei flussi di cassa, valutando chiaramente i valori dei costi, ricavi, flussi di cassa e redditività.

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell’importo incentivabile e l’analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati.

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

- TRS (tempo di ritorno semplice);
- TRA (tempo di ritorno attualizzato);
- VAN (valore attuale netto);
- TIR (tasso interno di rendimento)
- IP (indice di profitto);

Essi sono così definiti:

- 1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

$$TRS = \frac{I_0}{\overline{FC}}$$

Dove:

- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale;
- $\overline{FC}$  è il flusso di cassa medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento.

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

$$TRA = \frac{I_0}{\overline{FC}_{att}}$$

Dove:

- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale;
- $\overline{FC}_{att}$  è il flusso di cassa attualizzato medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento, opportunamente attualizzati tramite il tasso di attualizzazione.

$$FC_{att,n} = FC_n \frac{(1+f)^n (1+f')^n}{(1+R)^n} \approx FC_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dove:

- $FC_n$  è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- $f$  è il tasso di inflazione;
- $f'$  è la deriva dell'inflazione;
- $R$  è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$  è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$  è il fattore di annualità ( $FA_n$ ).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} - I_0$$

Dove:

- $n$  sono gli anni di vita tecnica per la tecnologia di ciascuna EEM, o, 15 anni per lo SCN1, o, 25 anni per SCN2;

4) Tasso Interno di Rendimento (TIR), è il valore di  $i$  che rende il VAN = 0.

5) Indice di Profitto (IP):

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

I tassi di interesse utilizzati per le operazioni di attualizzazione e analisi economico sono i seguenti:

- Tasso di sconto:  **$R = 4\%$**
- Tasso di inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione:  **$f = 0.5\%$**
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici  **$f'_{ve} = 0.7\%$**  e dei servizi di manutenzione  **$f'_m = 0\%$**

I risultati dell'analisi economica tramite flussi di cassa sono poi stati rappresentati mediante tipici grafici a farfalla, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l'investimento capitale iniziale,  $I_0$ , e il TRS.

Analogamente la rappresentazione grafica dei flussi di cassa cumulati attualizzati permetterà la visualizzazione del TRA e del VAN.

Di seguito si riportano i flussi di cassa ed i risultati dell’analisi di convenienza delle singole EEM proposte.

Il dettaglio dei calcoli è riportato all’ Allegato B – Elaborati.

### **EEM1: relamping**

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.10– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1: relamping

| PARAMETRO FINANZIARIO         | U.M.                           |                        | VALORE               |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale         | $I_0$                          | €                      | 8.822                |
| Oneri Finanziari % $I_0$      | OF                             | [%]                    | 3,0%                 |
| Aliquota IVA                  | %IVA                           | [%]                    | 22,0%                |
| Anno recupero erariale IVA    | $n_{IVA}$                      | anni                   | 3                    |
| Vita utile                    | n                              | anni                   | 8                    |
| Incentivo annuo               | B                              | €/anno                 | -                    |
| Durata incentivo              | $n_b$                          | anni                   | 5                    |
| Tasso di attualizzazione      | i                              | [%]                    | 3,5%                 |
|                               | INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice     | TRS                            | 10,1                   | 10,1                 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA                            | 11,6                   | 11,6                 |
| Valore attuale netto          | VAN                            | -                      | -                    |
| Tasso interno di rendimento   | TIR                            | -6,1%                  | -6,1%                |
| Indice di profitto            | IP                             | -0,32                  | -0,32                |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e Figura 9.2.

Figura 9.1 – EEM1: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

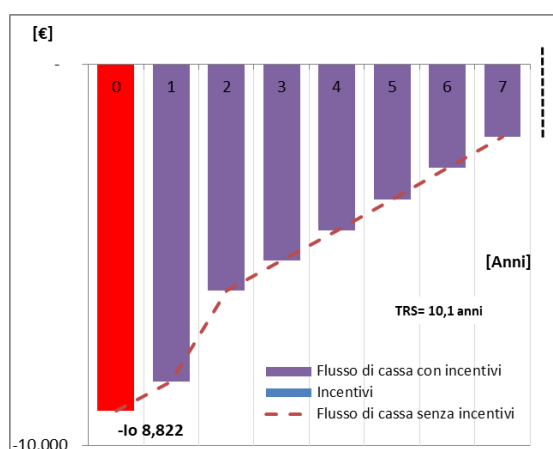
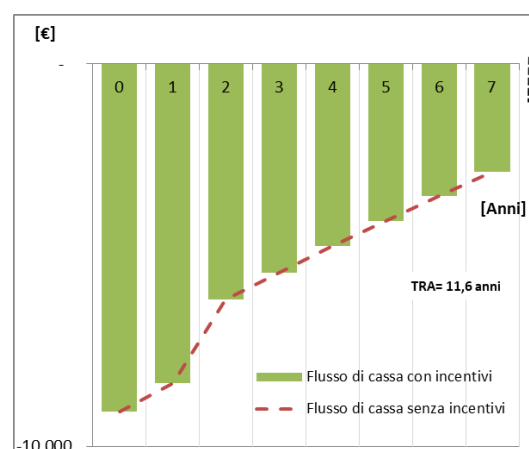


Figura 9.2 – EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha VAN negativo e tempi di ritorno alti.

## EEM 2: sostituzione del generatore di calore con poma di calore elettrica ed installazione delle termovalvole

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.11– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore elettrica ed installazione delle termovalvole

| PARAMETRO FINANZIARIO      |           | U.M.   | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Investimento Iniziale      | $I_0$     | €      | 61.391 |
| Oneri Finanziari % $_0$    | OF        | [%]    | 3,0%   |
| Aliquota IVA               | %IVA      | [%]    | 22,0%  |
| Anno recupero erariale IVA | $n_{IVA}$ | anni   | 3      |
| Vita utile                 | n         | anni   | 15     |
| Incentivo annuo            | B         | €/anno | 7.981  |
| Durata incentivo           | $n_B$     | anni   | 5      |
| Tasso di attualizzazione   | i         | [%]    | 3,5%   |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO |     | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice      | TRS | 8,3                    | 3,7                  |
| Tempo di rientro attualizzato  | TRA | 10,4                   | 4,3                  |
| Valore attuale netto           | VAN | 15.777                 | 51.306               |
| Tasso interno di rendimento    | TIR | 7,9%                   | 18,8%                |
| Indice di profitto             | IP  | 0,26                   | 0,84                 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono

Figura 9.3 – EEM2: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

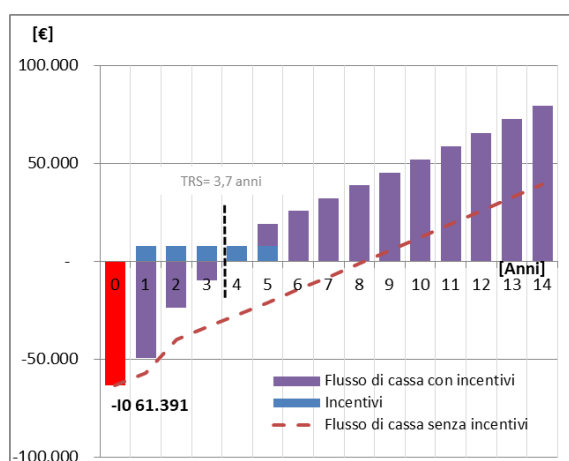
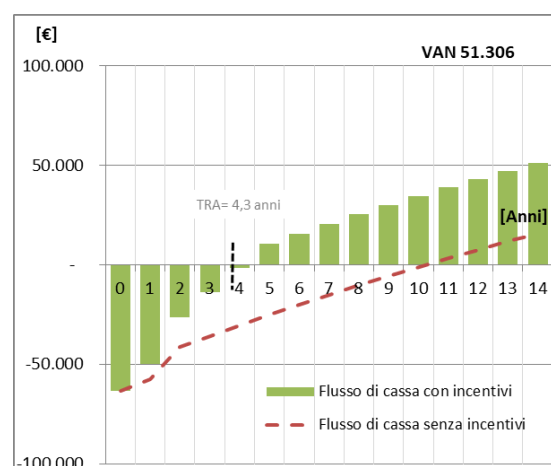


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha tempi di ritorno bassi ed un van nettamente positivo.



### EEM 3: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia

| PARAMETRO FINANZIARIO      |           | U.M.   | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Investimento Iniziale      | $I_0$     | €      | 21.769 |
| Oneri Finanziari % $I_0$   | OF        | [%]    | 3,0%   |
| Aliquota IVA               | %IVA      | [%]    | 22,0%  |
| Anno recupero erariale IVA | $n_{IVA}$ | anni   | 3      |
| Vita utile                 | n         | anni   | 30     |
| Incentivo annuo            | B         | €/anno | 1.513  |
| Durata incentivo           | $n_B$     | anni   | 5      |
| Tasso di attualizzazione   | i         | [%]    | 3,5%   |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO |     | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice      | TRS | 10,2                   | 6,5                  |
| Tempo di rientro attualizzato  | TRA | 13,5                   | 8,0                  |
| Valore attuale netto           | VAN | 14.955                 | 21.689               |
| Tasso interno di rendimento    | TIR | 9,2%                   | 13,0%                |
| Indice di profitto             | IP  | 0,69                   | 1,00                 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono

Figura 9.5 – EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

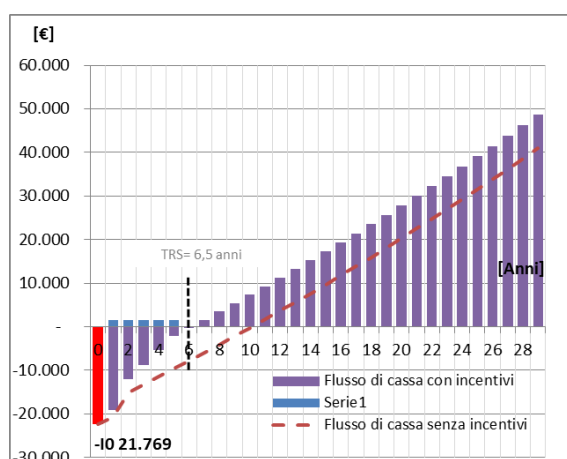
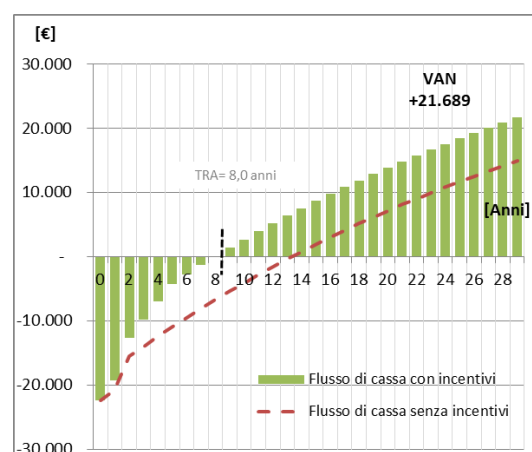


Figura 9.6 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha tempi di ritorno intorno ai dieci anni su un tempo di vita utile di circa 25 anni ed un van positivo.

#### EEM 4: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con polistirene

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.13– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4: isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con polistirene

| PARAMETRO FINANZIARIO      |           | U.M.   | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Investimento Iniziale      | $I_0$     | €      | 6.926  |
| Oneri Finanziari % $I_0$   | OF        | [%]    | 3,0%   |
| Aliquota IVA               | %IVA      | [%]    | 22,0%  |
| Anno recupero erariale IVA | $n_{IVA}$ | anni   | 3      |
| Vita utile                 | $n$       | anni   | 30     |
| Incentivo annuo            | B         | €/anno | 554    |
| Durata incentivo           | $n_B$     | anni   | 5      |
| Tasso di attualizzazione   | $i$       | [%]    | 3,5%   |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO |     | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice      | TRS | 3,5                    | 2,6                  |
| Tempo di rientro attualizzato  | TRA | 3,8                    | 2,9                  |
| Valore attuale netto           | VAN | 27.283                 | 29.750               |
| Tasso interno di rendimento    | TIR | 27,9%                  | 34,0%                |
| Indice di profitto             | IP  | 3,94                   | 4,30                 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono

Figura 9.7 – EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

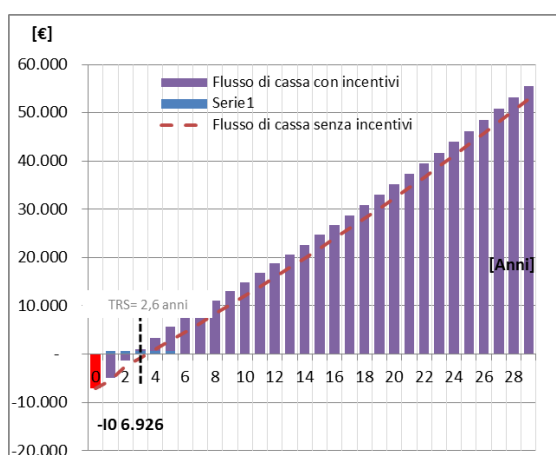
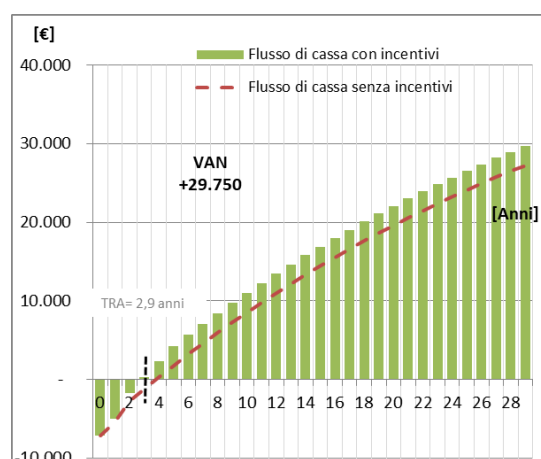


Figura 9.8 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha tempi di ritorno bassi ed un van nettamente positivo.

### EEM 5: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.14– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole

| PARAMETRO FINANZIARIO      |           | U.M.   | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Investimento Iniziale      | $I_0$     | €      | 30.834 |
| Oneri Finanziari % $I_0$   | OF        | [%]    | 3,0%   |
| Aliquota IVA               | %IVA      | [%]    | 22,0%  |
| Anno recupero erariale IVA | $n_{IVA}$ | anni   | 3      |
| Vita utile                 | n         | anni   | 15     |
| Incentivo annuo            | B         | €/anno | 2.467  |
| Durata incentivo           | $n_B$     | anni   | 5      |
| Tasso di attualizzazione   | i         | [%]    | 3,5%   |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO |     | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice      | TRS | 5,2                    | 3,5                  |
| Tempo di rientro attualizzato  | TRA | 5,9                    | 3,9                  |
| Valore attuale netto           | VAN | 29.278                 | 40.259               |
| Tasso interno di rendimento    | TIR | 16,7%                  | 23,1%                |
| Indice di profitto             | IP  | 0,95                   | 1,31                 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono

Figura 9.9 – EEM5: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

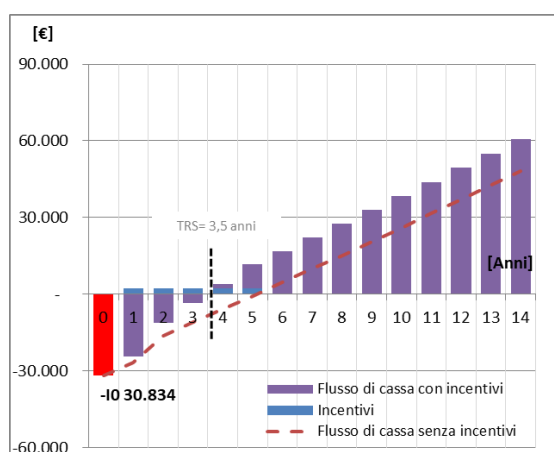
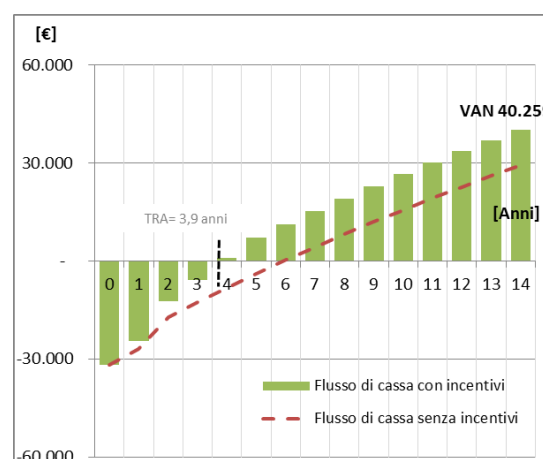


Figura 9.10 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha tempi di ritorno bassi ed un van nettamente positivo.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle tabelle che seguono.

Tabella 9.15– Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

| SENZA INCENTIVI |              |                   |              |                 |                 |        |        |        |        |        |     |       |
|-----------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-------|
|                 | % $\Delta_E$ | % $\Delta_{CO_2}$ | $\Delta C_E$ | $\Delta C_{MO}$ | $\Delta C_{MS}$ | $I_0$  | TRS    | TRA    | n      | VAN    | TIR | IP    |
|                 | [%]          | [%]               | [€/anno]     | [€/anno]        | [€/anno]        | [€]    | [anni] | [anni] | [anni] | [€]    | [%] | [-]   |
| EEM 1           | 8%           | 7%                | 929          | 0               | 0               | 8.822  | 10,12  | 11,61  | 8      | -2.827 | -6% | -0,32 |
| EEM 2           | 36%          | 38%               | 4.319        | 1.521           | 1.618           | 61.391 | 8,29   | 10,44  | 15     | 15.777 | 8%  | 0,26  |
| EEM 3           | 17%          | 18%               | 2.082        | 0               | 0               | 21.769 | 10,23  | 13,52  | 30     | 14.955 | 9%  | 0,69  |
| EEM 4           | 17%          | 17%               | 2.052        | 0               | 0               | 6.926  | 3,49   | 3,83   | 30     | 27.283 | 28% | 3,94  |
| EEM 5           | 24%          | 25%               | 2.950        | 1.521           | 1.618           | 30.834 | 5,23   | 5,94   | 15     | 29.278 | 17% | 0,95  |

Oltre agli indicatori finanziari precedentemente descritti, i parametri elencati in tabella sono i seguenti:

- % $\Delta_E$  è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % $\Delta_{CO_2}$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta C_E$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta C_{MO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta C_{MS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi hanno tempi di ritorno inferiori ai 25 anni ed i più vantaggiosi sono il relamping e l'isolamento della copertura con polistirene. L'isolamento con lana di roccia risulta essere quello con un tempo di ritorno maggiore ma comunque con un TRS di 14 anni.

Tabella 9.16– Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

| CON INCENTIVI |              |                   |              |                 |                 |        |        |        |        |        |        |       |
|---------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|               | % $\Delta_E$ | % $\Delta_{CO_2}$ | $\Delta C_E$ | $\Delta C_{MO}$ | $\Delta C_{MS}$ | $I_0$  | TRS    | TRA    | n      | VAN    | TIR    | IP    |
|               | [%]          | [%]               | [€/anno]     | [€/anno]        | [€/anno]        | [€]    | [anni] | [anni] | [anni] | [€]    | [%]    | [-]   |
| EEM 1         | 8%           | 7%                | 929          | 0               | 0               | 8.822  | 10,12  | 11,61  | 8      | -2.827 | -6%    | -0,32 |
| EEM 2         | 36%          | 38%               | 4.319        | 1.521           | 1.618           | 61.391 | 3,72   | 4,29   | 15     | 51.306 | 19%    | 0,84  |
| EEM 3         | 17%          | 18%               | 2.545        | 0               | 0               | 21.769 | 6,53   | 7,98   | 30     | 21.689 | 13%    | 1,00  |
| EEM 4         | 17%          | 17%               | 2.052        | 0               | 0               | 6.926  | 2,65   | 2,86   | 30     | 29.750 | 34,02% | 4,30  |
| EEM 5         | 24%          | 25%               | 2.950        | 1.521           | 1.618           | 30.834 | 3,55   | 3,90   | 15     | 40.259 | 23%    | 1,31  |

Dall'analisi dei risultati emerge che i tempi di ritorno di tutti gli interventi diminuiscono e l'isolamento con lana di roccia rientra in una decina di anni per cui l'utilizzo di questo materiale, migliore per la zona termica in cui si colloca la scuola, diviene accessibile e consigliabile.

## 9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

Per fattibilità economica delle soluzioni integrate si intendere accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 15$  anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 25$  anni.

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull’involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

La valutazione della fattibilità tecnico-economica è stata effettuata al fine di una gestione diretta da parte della PA o indiretta mediante ESCO.

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell’investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all’80% tramite finanziamento terzi (debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione  $i$  usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

$$WACC = Kd \times \frac{D}{D + E} \times (1 - \tau) + Ke \times \frac{E}{D + E}$$

Dove:

- $Kd$  è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- $Ke$  è il costo dell’equity, ossia il rendimento atteso dall’investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- $D$  è il Debito, pari a 80% di  $I_0$
- $E$  è l’Equity, pari a 20% di  $I_0$
- $\frac{D}{D+E}$  è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- $\tau$  è l’aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell’aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

L’ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per gli scenari ottimali, si è quindi proceduto ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell’investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;
- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

- 1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

- $FCO_n$  sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- $K_n$  è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- $I_n$  è la quota interessi da ripagare nell'anno n-esimo.

2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

- $s$  è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$  è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- $FCO_n$  è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- $D$  è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- $i$  è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- $R$  è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

Al fine di effettuare concretamente un'analisi finanziaria preliminare e verificare quindi gli aspetti di convenienza economica e sostenibilità finanziari degli scenari ottimali è stato presentato un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo per ogni scenario.

Infine, si è proceduto all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

Si sono quindi individuati i seguenti scenari, che forniscano i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: SCN1:** Tale scenario consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti fluorescenti con tubi a led e la sostituzione del generatore con una caldaia a condensazione e contestuale installazione di valvole termostatiche
- **Scenario 2: SCN2:** Tale scenario consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti fluorescenti con tubi a led, isolamento della copertura con pannelli di polistirene e la sostituzione del generatore con una caldaia a condensazione e contestuale installazione di valvole termostatiche.



I grafici in figura 9.11 e 9.12 mostrano un generatore ad alto rendimento che annulla il consumo di gas metano ed un consumo elettrico di poco superiore allo stato attuale grazie all’efficientamento dell’impianto di illuminazione.

Figura 9.12 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

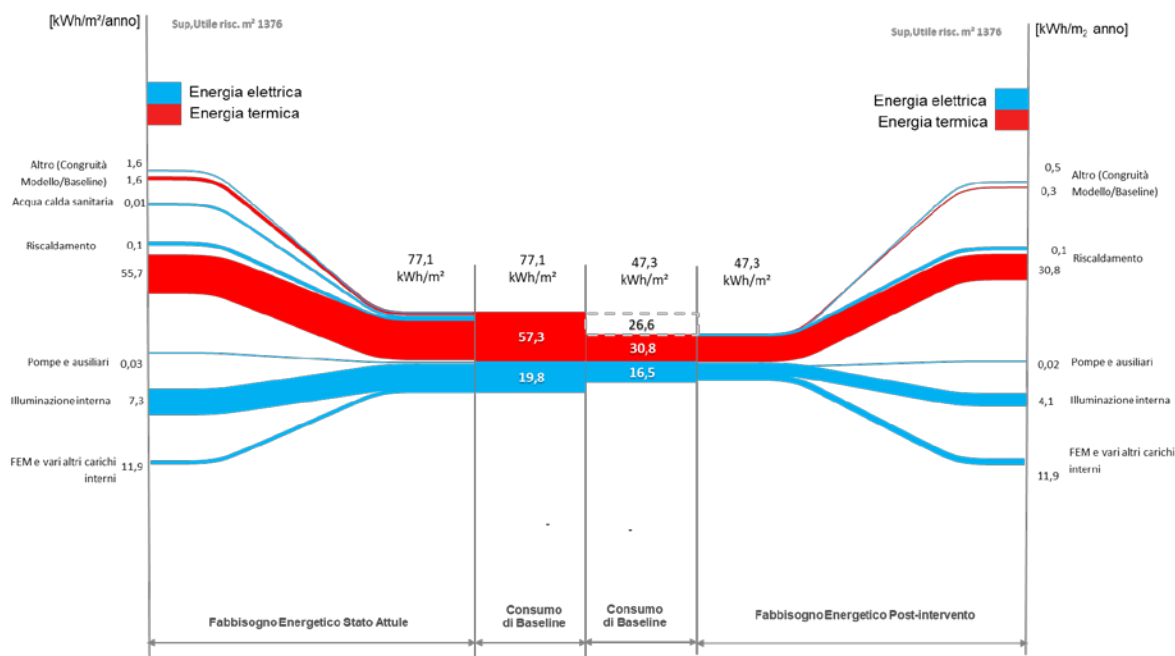


Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN1

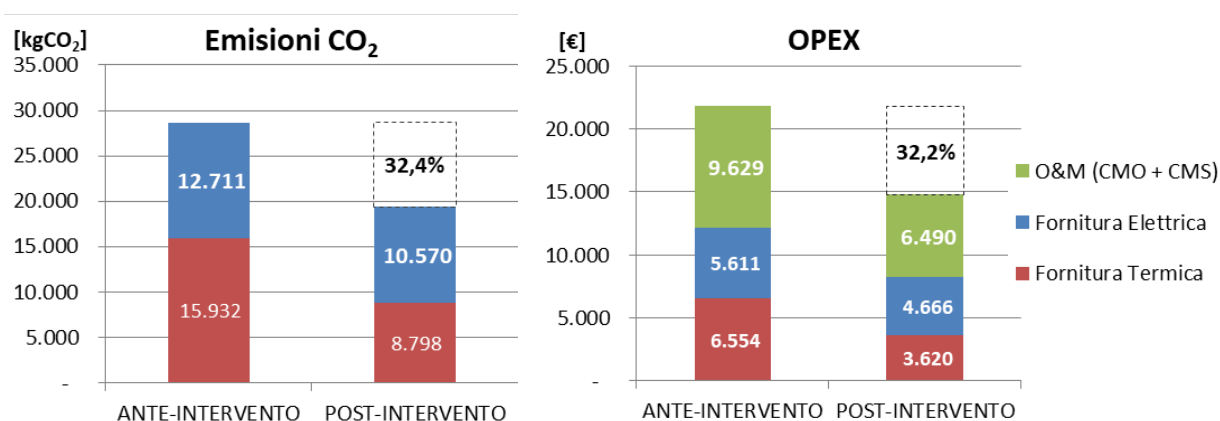
| CALCOLO RISPARMIO                          | U.M.                      | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM1 Efficienza luminosa                   | [lm/W]                    | 86              | 110             | <b>-27,9%</b>          |
| EEM5 Rendimento                            | [%]                       | 90,90%          | 103,00%         | <b>-13,3%</b>          |
| $Q_{teorico}$                              | [kWh]                     | 76.635          | 42.322          | <b>44,8%</b>           |
| $EE_{teorico}$                             | [kWh]                     | 26.525          | 22.058          | <b>16,8%</b>           |
| $Q_{baseline}$                             | [kWh]                     | 78.870          | 43.556          | <b>44,8%</b>           |
| $EE_{baseline}$                            | [kWh]                     | 27.218          | 22.634          | <b>16,8%</b>           |
| Emiss. CO2 Termico                         | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 15.932          | 8.798           | <b>44,8%</b>           |
| Emiss. CO2 Elettrico                       | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 12.711          | 10.570          | <b>16,8%</b>           |
| <b>Emiss. CO2 TOT</b>                      | <b>[kgCO<sub>2</sub>]</b> | <b>28.643</b>   | <b>19.368</b>   | <b>32,4%</b>           |
| Fornitura Termica, $C_Q$                   | [€]                       | 6.554           | 3.620           | <b>44,8%</b>           |
| Fornitura Elettrica, $C_{EE}$              | [€]                       | 5.611           | 4.666           | <b>16,8%</b>           |
| <b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b> | <b>[€]</b>                | <b>12.165</b>   | <b>8.286</b>    | <b>31,9%</b>           |
| $C_{MO}$                                   | [€]                       | 7.607           | 6.086           | <b>20,0%</b>           |
| $C_{MS}$                                   | [€]                       | 2.022           | 404             | <b>80,0%</b>           |
| O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )                  | [€]                       | <b>9.629</b>    | <b>6.490</b>    | <b>32,6%</b>           |
| OPEX                                       | [€]                       | <b>21.795</b>   | <b>14.776</b>   | <b>32,2%</b>           |
| Classe energetica                          | [-]                       |                 | C               | C stessa classe        |

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

Nota (25): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh] per il vettore elettrico



Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.19, Tabella 9.20, Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.19 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI FINANZIARI                                 |                         |   |               |
|--|-------------------------|---|---------------|
| Anni Costruzione                                     | $n_i$                   |   | <b>1</b>      |
| Anni Gestione Servizio                               | $n_s$                   |   | <b>14</b>     |
| Anni Concessione                                     | $n$                     |   | <b>15</b>     |
| Anno inizio Concessione                              | $n_o$                   |   | <b>2020</b>   |
| Anni dell'ammortamento                               | $n_A$                   |   | <b>10</b>     |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti                     | $k_{CdP}$               |   | <b>2,00%</b>  |
| Costo Capitale Azienda                               | WACC                    |   | <b>4,00%</b>  |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$           | $k_{progetto}$          |   | <b>4,00%</b>  |
| Inflazione ISTAT                                     | $f$                     |   | <b>0,50%</b>  |
| deriva dell'inflazione                               | $f'$                    |   | <b>0,70%</b>  |
| %, interessi debito                                  | $k_D$                   |   | <b>3,82%</b>  |
| %, interessi equity                                  | $k_E$                   |   | <b>9,00%</b>  |
| Aliquota IRES  | IRES                    |   | <b>24,0%</b>  |
| Aliquota IRAP  | IRAP                    |   | <b>3,9%</b>   |
| Aliquota fiscale                                     | $\tau$                  |   | <b>27,90%</b> |
| Anni debito (finanziamento)                          | $n_D$                   |   | <b>10</b>     |
| Anni Equity  | $n_E$                   |   | <b>14</b>     |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl.              | $I_o$                   | € | <b>39.655</b> |
| Oneri Finanziari (costi indiretti)                   | %Of                     |   | <b>3,00%</b>  |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.            | Of                      | € | <b>1.190</b>  |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX                   | € | <b>40.845</b> |
| %CAPEX a Debito                                      | D                       |   | <b>80,0%</b>  |
| %CAPEX a Equity                                      | E                       |   | <b>20,00%</b> |
| Debito   | $I_D$                   | € | <b>32.676</b> |
| Equity   | $I_E$                   | € | <b>8.169</b>  |
| Fattore di annualità Debito                          | $FA_D$                  |   | <b>8,30</b>   |
| Rata annua debito                                    | $q_D$                   | € | <b>3.936</b>  |
| Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )            | $q_D * n_D$             | € | <b>39.360</b> |
| Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>         | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € | <b>6.684</b>  |

Tabella 9.20 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI ECONOMICI                                     |                   |          |
|---|-------------------|----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.           | $C_{E0}$          | € 9.972  |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.               | $C_{M0}$          | € 7.893  |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline)                      | $C_{Baseline}$    | € 17.865 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | $C_{Altro}$       | € -      |
| Riduzione% costi fornitura Energia                      | $\% \Delta C_E$   | 31,8%    |
| Riduzione% costi O&M                                    | $\% \Delta C_M$   | 32,6%    |
| Obiettivo riduzione spesa PA                            | $\% C_{Baseline}$ | 5,0%     |
| Risparmio annuo PA garantito                            | 45,6%             | € 4.893  |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione        | Risp.IM           | € 893    |
| Risparmio PA durante la concessione                     | 14%               | € 40.133 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione         | Risp.Term.        | € 6.873  |
| N° di Canoni annuali                                    | anni              | 14       |
| Utile lordo della ESCO                                  | $\% CAPEX$        | 63,00%   |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.                | $C_{ESCO}$        | € 1.838  |
| Costi FTT €/anno IVA escl.                              | $C_{FTT}$         | € 477    |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl.                            | $C_{CAPEX}$       | € 1.685  |
| Canone O&M €/anno                                       | $CnM$             | € 5.524  |
| Canone Energia €/anno                                   | $CnE$             | € 7.448  |
| Canone Servizi €/anno IVA escl.                         | $CnS$             | € 12.972 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl.                   | $CnD$             | € 4.000  |
| Canone Totale €/anno IVA escl.                          | $Cn$              | € 16.972 |
| Aliquota IVA %  | IVA               | 22%      |
| Rimborso erariale IVA                                   | $R_{IVA}$         | € 7.151  |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA                       | $R_B$             | € 10.109 |
| Durata Incentivi, anni                                  | $n_B$             | 5        |
| Inizio erogazione Incentivi, anno                       |                   | 2022     |

Tabella 9.21 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

| INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE |            |          |
|--|------------|----------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni     | T.R.S.     | 6,48     |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni         | T.R.A.     | 7,60     |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io                | VAN > 0    | € 17.718 |
| Tasso interno di rendimento del progetto           | TIR > WACC | 11,95%   |
| Indice di Profitto                                 | IP         | 44,68%   |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE   |            |          |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni     | T.R.S.     | 2,08     |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni         | T.R.A.     | 2,38     |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io                | VAN > 0    | € 12.729 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista         | TIR > ke   | 52,15%   |
| Debit Service Cover Ratio                          | DCSR > 1,3 | 1,421    |
| Loan Life Cover Ratio                              | LLCR > 1   | 1,655    |
| Indice di Profitto Azionista                       | IP         | 32,10%   |

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



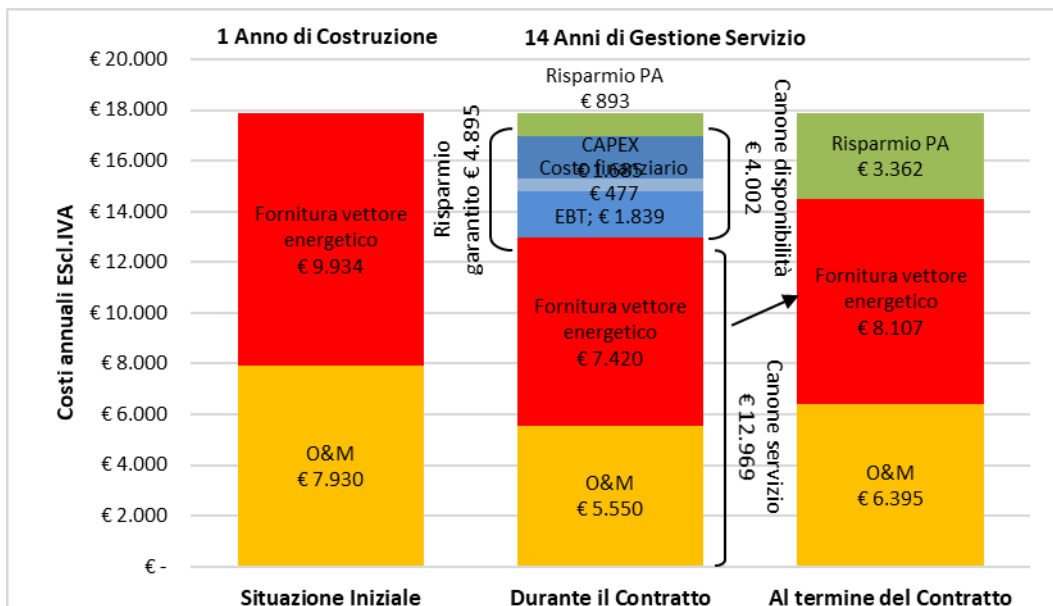
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno semplice di 2 anni circa.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM5

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM 1: relamping
- EEM 3: isolamento terrazzo e solaio di copertura con lana di roccia
- EEM 5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione di termovalvole

Tabella 9.14– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

| VOCE INVESTIMENTO             | TOTALE<br>(IVA ESCLUSA)          | IVA AL 22%                       | TOTALE<br>(IVA INCLUSA)         |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                               | [€]                              | [€]                              | [€]                             |
| EEM1 Fornitura & Posa         | 6.573,41                         | 1.446,15                         | 8.019,56                        |
| EEM3 Fornitura & Posa         | 16.221,53                        | 3.568,74                         | 19.790,26                       |
| EEM5 Fornitura & Posa         | 22.975,92                        | 5.054,70                         | 28.030,62                       |
| Costi per la sicurezza        | 1.373,13                         | 302,09                           | 1.675,21                        |
| Costi per la progettazione    | 3.203,96                         | 704,87                           | 3.908,83                        |
| <b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b> | <b>50.347,94</b>                 | <b>11.076,55</b>                 | <b>61.424,49</b>                |
| VOCE MANUTENZIONE             | C <sub>Mo</sub><br>(IVA INCLUSA) | C <sub>MS</sub><br>(IVA INCLUSA) | C <sub>M</sub><br>(IVA INCLUSA) |
|                               | [€]                              | [€]                              | [€]                             |
| EEM1 O&M                      | 0                                | 0                                | 0                               |
| EEM3 O&M                      | 0                                | 0                                | 0                               |
| EEM5 O&M                      | 1.521                            | 1.618                            | 3.139                           |
| <b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b> | <b>1.521</b>                     | <b>1.618</b>                     | <b>3.139</b>                    |
| VOCE INCENTIVO                | DESCRIZIONE                      | TOTALE<br>(IVA INCLUSA)          |                                 |
|                               |                                  | [€]                              |                                 |
| <b>Incentivi</b>              | <b>Conto termico</b>             | <b>27.358</b>                    |                                 |
| <b>Durata incentivi</b>       |                                  | <b>5</b>                         |                                 |
| <b>Incentivo annuo</b>        |                                  | <b>5.472</b>                     |                                 |

A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

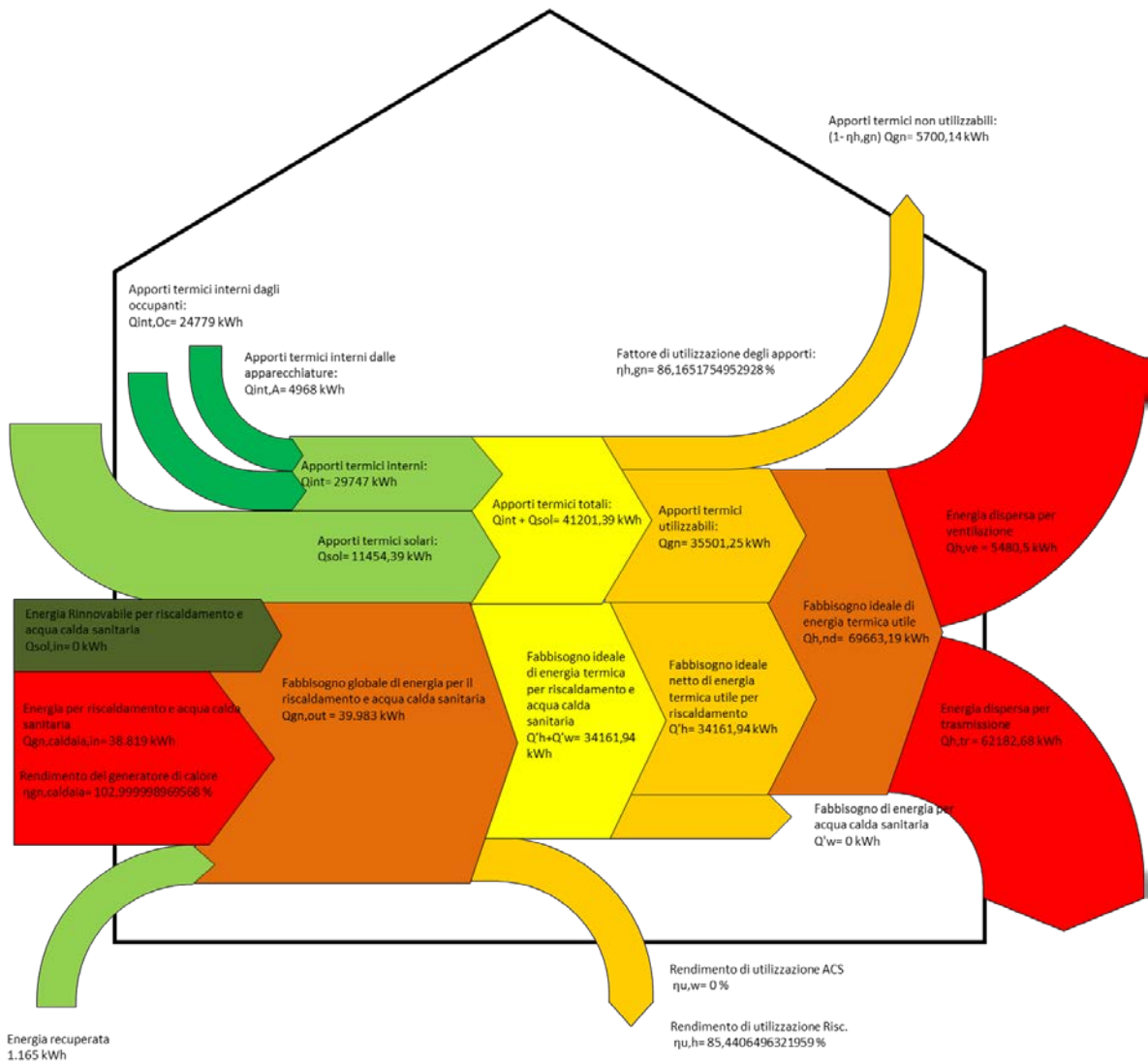
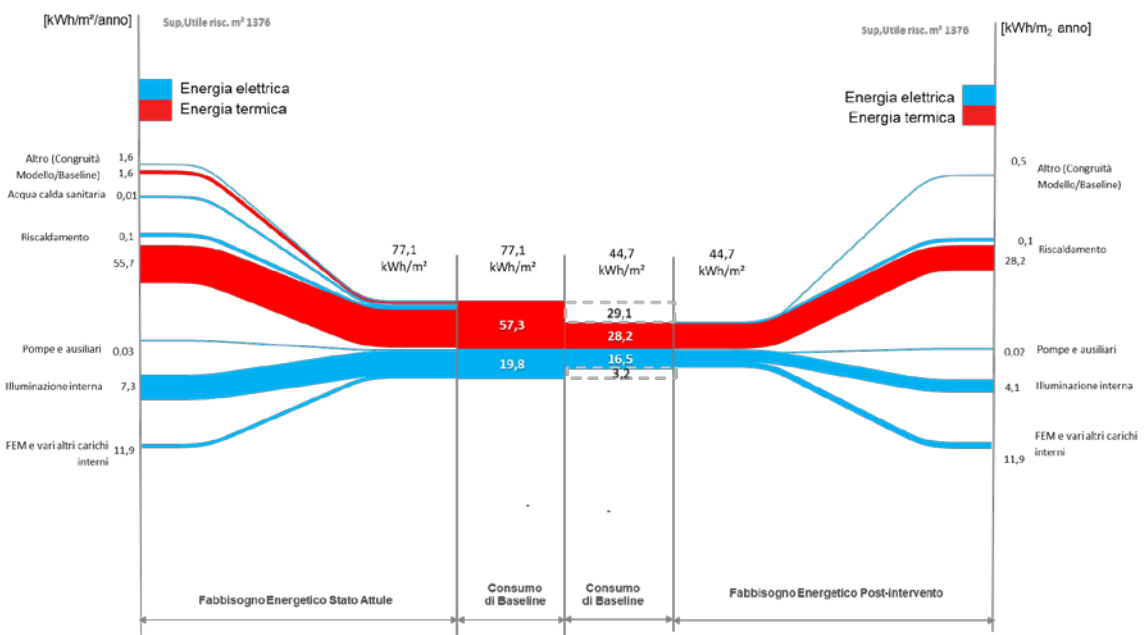


Figura 9.18 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I grafici in Figura 9.17 e Figura 9.18 mostrano un fabbisogno energetico inferiore allo stato attuale, un generatore ad alto rendimento che annulla il consumo di gas metano ed un consumo elettrico di poco superiore allo stato attuale grazie all’efficientamento dell’impianto di illuminazione.

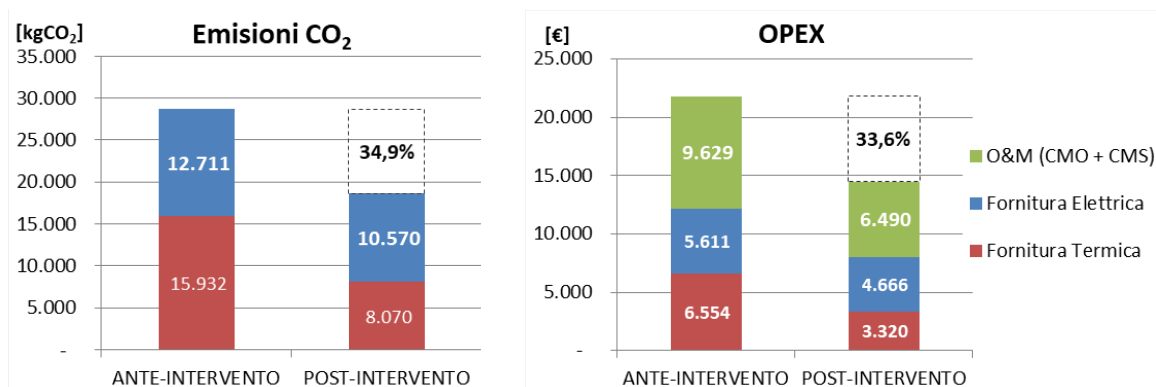
Tabella 9.22 – Risultati analisi SCN2

| CALCOLO RISPARMIO                        | U.M.                      | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM1 Efficienza luminosa                 | [lm/W]                    | 86              | 110             | <b>-27,90%</b>         |
| EEM3 Trasmittanza                        | [W/m²K]                   | 1,49            | 0,209           | <b>86,00%</b>          |
| EEM 5 Rendimento                         | [%]                       | 90,90%          | 103,00%         | <b>-342,20%</b>        |
| Q <sub>teorico</sub>                     | [kWh]                     | 76.635          | 38.819          | <b>49,3%</b>           |
| EE <sub>teorico</sub>                    | [kWh]                     | 26.525          | 22.058          | <b>16,8%</b>           |
| Q <sub>baseline</sub>                    | [kWh]                     | 78.870          | 39.951          | <b>49,3%</b>           |
| EE <sub>Baseline</sub>                   | [kWh]                     | 27.218          | 22.634          | <b>16,8%</b>           |
| Emiss. CO2 Termico                       | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 15.932          | 8.070           | <b>49,3%</b>           |
| Emiss. CO2 Elettrico                     | [kgCO <sub>2</sub> ]      | 12.711          | 10.570          | <b>16,8%</b>           |
| <b>Emiss. CO2 TOT</b>                    | <b>[kgCO<sub>2</sub>]</b> | <b>28.643</b>   | <b>18.640</b>   | <b>34,9%</b>           |
| Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>        | [€]                       | 6.554           | 3.320           | <b>49,3%</b>           |
| Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>     | [€]                       | 5.611           | 4.666           | <b>16,8%</b>           |
| <b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>  | <b>[€]</b>                | <b>12.165</b>   | <b>7.986</b>    | <b>34,4%</b>           |
| C <sub>MO</sub>                          | [€]                       | 7.607           | 6.086           | <b>20,0%</b>           |
| C <sub>MS</sub>                          | [€]                       | 2.022           | 404             | <b>80,0%</b>           |
| O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> ) | [€]                       | <b>9.629</b>    | <b>6.490</b>    | <b>32,6%</b>           |
| OPEX                                     | [€]                       | <b>21.795</b>   | <b>14.476</b>   | <b>33,6%</b>           |
| Classe energetica                        | [-]                       | C               | C               | stessa classe          |

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

Nota (25): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



E’ stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all’Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell’analisi sono riportati nella Tabella 9.23, Tabella 9.24, Tabella 9.25 e nei grafici successivi.

Tabella 9.23 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI FINANZIARI                                 |  |   |               |
|--|--|---|---------------|
| Anni Costruzione                                     | $n_i$  |   | <b>1</b>      |
| Anni Gestione Servizio                               | $n_s$  |   | <b>24</b>     |
| Anni Concessione                                     | $n$  |   | <b>25</b>     |
| Anno inizio Concessione                              | $n_0$  |   | <b>2020</b>   |
| Anni dell'ammortamento                               | $n_A$  |   | <b>10</b>     |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti                     | $k_{CdP}$  |   | <b>2,00%</b>  |
| Costo Capitale Azienda                               | <b>WACC</b>  |   | <b>4,00%</b>  |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$           | $k_{progetto}$                                       |   | <b>4,00%</b>  |
| Inflazione ISTAT                                     | $f$  |   | <b>0,50%</b>  |
| deriva dell'inflazione                               | $f'$   |   | <b>0,70%</b>  |
| %, interessi debito                                  | $k_D$  |   | <b>3,82%</b>  |
| %, interessi equity                                  | $k_E$  |   | <b>9,00%</b>  |
| Aliquota IRES  | <b>IRES</b>  |   | <b>24,0%</b>  |
| Aliquota IRAP  | <b>IRAP</b>  |   | <b>3,9%</b>   |
| Aliquota fiscale                                     | $\tau$   |   | <b>27,90%</b> |
| Anni debito (finanziamento)                          | $n_D$  |   | <b>10</b>     |
| Anni Equity  | $n_E$  |   | <b>24</b>     |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl.              | $I_0$  | € | <b>61.424</b> |
| Oneri Finanziari (costi indiretti)                   | <b>%Of</b>   |   | <b>3,00%</b>  |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.            | <b>Of</b>  | € | 1.843         |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | <b>CAPEX</b>   | € | <b>63.267</b> |
| %CAPEX a Debito                                      | <b>D</b>   |   | <b>80,0%</b>  |
| %CAPEX a Equity                                      | <b>E</b>   |   | <b>20,00%</b> |
| Debito   | $I_D$  | € | 50.614        |
| Equity   | $I_E$  | € | 12.653        |
| Fattore di annualità Debito                          | <b>FA<sub>D</sub></b>                                |   | <b>8,30</b>   |
| Rata annua debito                                    | $q_D$  | € | 6.097         |
| Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )            | $q_D * n_D$  | € | 60.967        |
| Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>         | <b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b> | € | 10.353        |

Tabella 9.24 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI ECONOMICI                                     |                                   |   |               |
|---|-----------------------------------|---|---------------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.           | $C_{E0}$                          | € | 9.972         |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.               | $C_{M0}$                          | € | 7.893         |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline)                      | $C_{Baseline}$                    | € | <b>17.865</b> |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | $C_{Altro}$                       | € | -             |
| Riduzione% costi fornitura Energia                      | <b>%<math>\Delta C_E</math></b>   |   | <b>34,3%</b>  |
| Riduzione% costi O&M                                    | <b>%<math>\Delta C_M</math></b>   |   | <b>32,6%</b>  |
| Obiettivo riduzione spesa PA                            | <b>%<math>C_{Baseline}</math></b> |   | <b>5,0%</b>   |
| Risparmio annuo PA garantito                            | <b>45,6%</b>                      | € | <b>4.565</b>  |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione        | <b>Risp.IM</b>                    | € | 893           |
| Risparmio PA durante la concessione                     | <b>14%</b>                        | € | 93.084        |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione         | <b>Risp.Term.</b>                 | € | 8.083         |
| N° di Canoni annuali                                    | <b>anni</b>                       |   | <b>24</b>     |
| Utile lordo della ESCO                                  | <b>%CAPEX</b>                     |   | <b>77,91%</b> |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.                | $C_{ESCO}$                        | € | 2.054         |
| Costi FTT €/anno IVA escl.                              | $C_{FTT}$                         | € | 431           |

|                                       |             |   |               |
|---------------------------------------|-------------|---|---------------|
| Costi CAPEX €/anno IVA escl.          | $C_{CAPEX}$ | € | 1.186         |
| Canone O&M €/anno                     | $CnM$       | € | 5.665         |
| Canone Energia €/anno                 | $CnE$       | € | 7.634         |
| Canone Servizi €/anno IVA escl.       | $CnS$       | € | 13.300        |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | $CnD$       | € | 3.672         |
| Canone Totale €/anno IVA escl.        | $Cn$        | € | <b>16.972</b> |
| Aliquota IVA %                        | $IVA$       |   | <b>22%</b>    |
| Rimborso erariale IVA                 | $R_{IVA}$   | € | 11.077        |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA     | $R_B$       | € | 23.715        |
| Durata Incentivi, anni                | $n_B$       |   | <b>5</b>      |
| Inizio erogazione Incentivi, anno     |             |   | <b>2022</b>   |

Tabella 9.25 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

| INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE |                      |   |               |
|--|----------------------|---|---------------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni     | <b>T.R.S.</b>        |   | <b>7,03</b>   |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni         | <b>T.R.A.</b>        |   | <b>9,38</b>   |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io                | <b>VAN &gt; 0</b>    | € | <b>27.030</b> |
| Tasso interno di rendimento del progetto           | <b>TIR &gt; WACC</b> |   | <b>10,20%</b> |
| Indice di Profitto                                 | <b>IP</b>            |   | <b>44,01%</b> |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE   |                      |   |               |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni     | <b>T.R.S.</b>        |   | <b>2,76</b>   |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni         | <b>T.R.A.</b>        |   | <b>3,20</b>   |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io                | <b>VAN &gt; 0</b>    | € | <b>15.389</b> |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista         | <b>TIR &gt; ke</b>   |   | <b>35,84%</b> |
| Debit Service Cover Ratio                          | <b>DSCR &lt; 1,3</b> |   | <b>1,241</b>  |
| Loan Life Cover Ratio                              | <b>LLCR &gt; 1</b>   |   | <b>1,949</b>  |
| Indice di Profitto Azionista                       | <b>IP</b>            |   | <b>25,05%</b> |

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

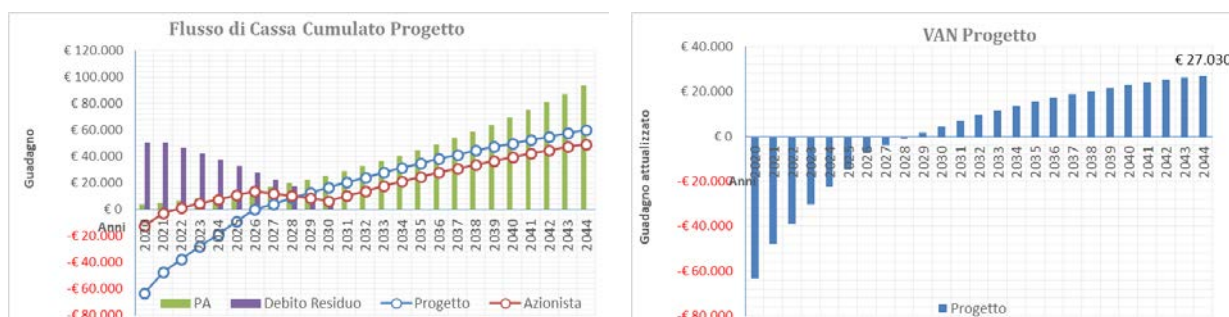




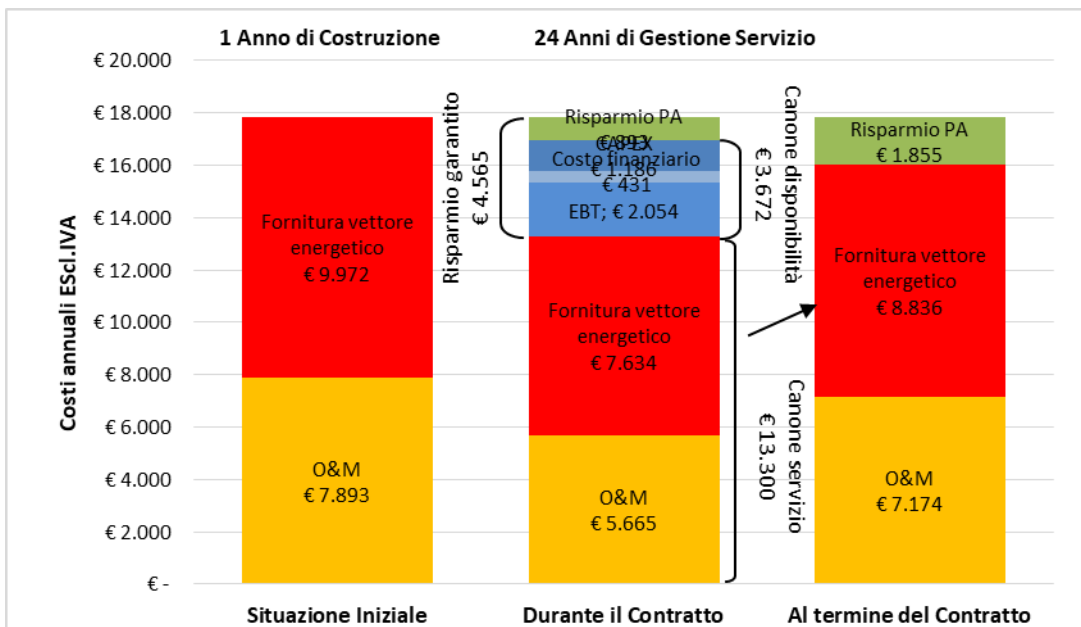
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno semplice di 2 anni.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è BUONO per l'indice IEN<sub>R</sub> ed INSUFFICIENTE per l'indice IEN<sub>E</sub>.

| COMBUSTIBILE      | IEN <sub>R</sub>            |      |      | IEN <sub>E</sub>         |       |       |
|-------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|-------|-------|
|                   | Wh/(m <sup>3</sup> GG anno) |      |      | Wh/(m <sup>3</sup> anno) |       |       |
|                   | 2014                        | 2015 | 2016 | 2014                     | 2015  | 2016  |
| Gas Naturale      | 7,93                        | 8,05 | 9,14 |                          |       |       |
| Energia elettrica |                             |      |      | 14,59                    | 14,42 | 15,51 |

### 10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Lo scenario 1 (SNC1) non prevede il salto di classe energetica mediante relamping e sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole.

Lo scenario 2 (SNC2) non prevede il salto di classe energetica mediante isolamento terrazzo di copertura e sottotetto con lana di roccia, relamping e sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione delle termovalvole.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1; solo lo scenario 1 presenta DSCR maggiore di 1,3.

|       | CON INCENTIVI          |                          |                          |                           |                           |                       |               |               |             |            |            |           |      |      |
|-------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------|------|------|
|       | %Δ <sub>E</sub><br>[%] | %Δ <sub>CO2</sub><br>[%] | ΔC <sub>E</sub><br>[€/a] | ΔC <sub>MO</sub><br>[€/a] | ΔC <sub>MS</sub><br>[€/a] | I <sub>0</sub><br>[€] | TRS<br>[anni] | TRA<br>[anni] | N<br>[anni] | VAN<br>[€] | TIR<br>[%] | IP<br>[-] | DSCR | LLCR |
| SCN 1 | 32%                    | 32%                      | 3.859                    | 1.529                     | 1.625                     | 39.655                | 2,08          | 2,38          | 15          | 12.729     | 52%        | 0,32      | 1,4  | 1,6  |
| SCN 2 | 34%                    | 35%                      | 4.157                    | 1.529                     | 1.625                     | 61.424                | 2,76          | 3,20          | 25          | 15.389     | 36%        | 0,25      | 1,2  | 1,9  |

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti
- i consumi elettrici risultano molto elevati
- l'involucro opaco è privo di isolante
- parte dell'involucro trasparente è obsoleto
- si è constatato un sovra riscaldamento degli ambienti.

L'edificio registra consumi elettrici elevati ma termici all'interno della media nazionale.

Dalle considerazioni appena fatte è importante attuare misure per la riduzione dei consumi elettrici ed intervenire sull'involucro al fine di porre in essere interventi che producano un efficientamento energetico duraturo nel tempo e nello stesso tempo migliorino il confort degli utenti. Inoltre visto gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sarebbe opportuno ritardare gli orari di accensione e spegnimento degli impianti.

Si consiglia infine di procedere alla lettura mensile dei consumi di gas del contatore della cucina e comunicarli periodicamente alla società erogante il servizio al fine di un migliore monitoraggio degli stessi e del pagamento mensile di ciò che effettivamente si consuma senza incorrere in onerosi anticipi.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni). Tuttavia l'unico modo per soddisfare il requisito relativo al salto di classe sarebbe l'installazione di una pompa di calore, che, visto la tipologia di edificio e di terminali di erogazione del calore, non rappresenta la soluzione più adatta da un punto di vista tecnico. Si è pertanto ipotizzato una riqualificazione della centrale termica mediante la sostituzione della vecchia caldaia con una nuova caldaia a condensazione congiuntamente con l'installazione di valvole termostatiche. Questo tipo di intervento pur non permettendo il salto di classe rende più efficiente l'edificio riducendo i consumi attuali di circa il 24% se non considerato accoppiato ad altri interventi.

Nel caso si volesse procedere alla sostituzione della vecchia caldaia con una pompa di calore si suggerisce per optare per una riqualificazione impiantistica completa (contestuale adeguamento di tutti i sottosistemi impiantistici connessi) che comporterebbe da un lato di rendere l'impianto tecnicamente efficiente ma dall'altro precederebbe un esborso economico sicuramente non vantaggioso in termini di tempo di ritorno e VAN.

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valuation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

|    | Titolo                                     | Data    | Nome file                    |
|----|--|---------|------------------------------|
| 01 | TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO | 10/1997 | E01329                       |
| 02 | TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO                    | 11/1999 | PIAN1                        |
| 03 | TAVOLA PIANO 2 EDIFICIO                    | 11/1999 | PIAN2                        |
| 04 | TAVOLA PIANO 3 EDIFICIO                    | 11/1999 | PIAN3                        |
| 05 | TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO            | 11/1999 | PIANC                        |
| 06 | TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO                | 11/1999 | PIANT                        |
| 07 | TAVOLA PIANO 1 AMMEZZATO EDIFICIO          | 11/1999 | PIAN1A                       |
| 08 | TAVOLA PIANO TERRA AMMEZZATO EDIFICIO      | 11/1999 | PIANTA                       |
| 09 | SCHEDA CENTRALE TERMICA                    | 06/2017 | 116-P00-001-CENTRALE TERMICA |
| 10 | CENSIMENTO PIANO TERRA                     | 06/2017 | L1-042-116-P00               |
| 11 | CENSIMENTO PIANO 1                         | 06/2017 | L1-042-116-P01               |
| 12 | CENSIMENTO PIANO 2                         | 06/2017 | L1-042-116-P02               |
| 13 | CENSIMENTO PIANO 3                         | 06/2017 | L1-042-116-P03               |
| 14 | CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST           | 05/2017 | L1-042-116-P00 - Checklist   |
| 15 | CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST               | 05/2017 | L1-042-116-P01 - Checklist   |
| 16 | CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST               | 05/2017 | L1-042-116-P02 - Checklist   |
| 17 | CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST               | 05/2017 | L1-042-116-P03 - Checklist   |
| 18 | FATTURA DEL 06/03/2014                     | 03/2014 | 2014-5700065495              |
| 19 | FATTURA DEL 20/03/2014                     | 03/2014 | 2014-5700098218              |
| 20 | FATTURA DEL 23/04/2014                     | 03/2014 | 2014-5700134957              |
| 21 | FATTURA DEL 27/05/2014                     | 03/2014 | 2014-5700176145              |
| 22 | FATTURA DEL 23/06/2014                     | 03/2014 | 2014-5700214975              |
| 23 | FATTURA DEL 21/07/2014                     | 03/2014 | 2014-5700248944              |
| 24 | FATTURA DEL 12/09/2014                     | 03/2014 | 2014-5700291206              |
| 25 | FATTURA DEL 14/10/2014                     | 03/2014 | 2014-5700345541              |
| 26 | FATTURA DEL 13/11/2014                     | 03/2014 | 2014-5700373449              |
| 27 | FATTURA DEL 12/12/2014                     | 03/2014 | 2014-5700411327              |
| 28 | FATTURA DEL 13/04/2015                     | 09/2017 | 2015-5750081967              |
| 29 | FATTURA DEL 06/03/2015                     | 09/2017 | 2015-5700493139              |
| 30 | FATTURA DEL 17/03/2015                     | 09/2017 | 2015-5700544142              |
| 31 | FATTURA DEL 07/05/2015                     | 09/2017 | 2015-E000140844              |
| 32 | FATTURA DEL 11/03/2016                     | 09/2017 | 2015-E000163929              |
| 33 | FATTURA DEL 03/06/2015                     | 09/2017 | 2015-E000175672              |
| 34 | FATTURA DEL 02/09/2015                     | 09/2017 | 2015-E000337522              |
| 35 | FATTURA DEL 01/07/2015                     | 09/2017 | 2015-E000234065              |
| 36 | FATTURA DEL 03/08/2015                     | 09/2017 | 2015-E000281520              |
| 37 | FATTURA DEL 02/10/2015                     | 09/2017 | 2015-E000386676              |
| 38 | FATTURA DEL 02/11/2015                     | 09/2017 | 2015-E000432863              |
| 39 | FATTURA DEL 01/12/2015                     | 09/2017 | 2015-E000483582              |
| 40 | FATTURA DEL 02/01/2016                     | 09/2017 | 2015-E000018557              |
| 41 | FATTURA DEL 11/03/2016                     | 09/2017 | 2015-E000163929              |
| 42 | FATTURA DEL 02/02/2016                     | 09/2017 | 2015-E000084135              |
| 43 | FATTURA DEL 16/06/2016                     | 09/2017 | 2015-E000310245              |
| 44 | FATTURA DEL 03/03/2016                     | 01/2018 | 2016-E000150590              |
| 45 | FATTURA DEL 02/02/2016                     | 01/2018 | 2016-E000084136              |
| 46 | FATTURA DEL 26/04/2016                     | 01/2018 | 2016-E000218121              |

*E1329 – Scuola materna statale “Andersen” e scuola elementare “Montale”*

|    |                        |         |                   |
|----|------------------------|---------|-------------------|
| 47 | FATTURA DEL 26/04/2016 | 01/2018 | 2016-E000218120   |
| 48 | FATTURA DEL 17/06/2016 | 01/2018 | 2016-E000334604   |
| 49 | FATTURA DEL 02/05/2016 | 01/2018 | 2016-E000238237   |
| 50 | FATTURA DEL 01/06/2016 | 01/2018 | 2016-E000278554   |
| 51 | FATTURA DEL 16/05/2016 | 01/2018 | 2016-011640011738 |
| 52 | FATTURA DEL 13/10/2016 | 01/2018 | 2016-011640087941 |
| 53 | FATTURA DEL 28/06/2016 | 01/2018 | 2016-011640025275 |
| 54 | FATTURA DEL 25/07/2016 | 01/2018 | 2016-011640048519 |
| 55 | FATTURA DEL 24/08/2016 | 01/2018 | 2016-011640060830 |
| 56 | FATTURA DEL 26/09/2016 | 01/2018 | 2016-011640074903 |
| 57 | FATTURA DEL 19/12/2016 | 01/2018 | 2016-011640126636 |
| 58 | FATTURA DEL 15/11/2016 | 01/2018 | 2016-011640100078 |
| 59 | FATTURA DEL 14/03/2017 | 01/2018 | 2016-011740042570 |
| 60 | FATTURA DEL 16/01/2017 | 01/2018 | 2016-011740001581 |

**ALLEGATO B – ELABORATI**

|    | Titolo   | Data    | Nome file  |
|----|--|---------|--|
| 01 | ALLEGATO B – ELABORATI P00                           | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0        |
| 02 | ALLEGATO B – ELABORATI P01                           | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1        |
| 03 | ALLEGATO B – ELABORATI P02                           | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2        |
| 04 | ALLEGATO B – ELABORATI PAMM                          | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3        |
| 05 | ALLEGATO B – ANALISI FATTURE DI FORNITURA            | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraeegas   |
| 06 | ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO        | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico |
| 07 | ALLEGATO B – DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM | 04/2018 | E1329 Grafici_Template_rev13                                   |

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

|    | Titolo                                       | Data    | Nome file  |
|----|--|---------|--|
| 01 | ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica |

## ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

### RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

| N. | Strumento   |
|----|---|
| 01 | DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2                   |
| 02 | SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass                     |
| 03 | LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2                          |
| 04 | TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24 |
| 05 | TERMOCAMERA FLIR T335                                 |
| 06 | TERMOIGROMETRO EXTECH MO297                           |
| 07 | Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3           |
| 08 | PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345                         |

### STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

#### MISURE METRICHE

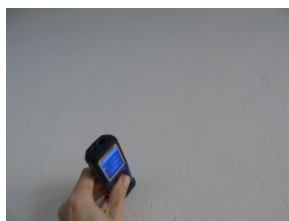
##### **Distanziometro e bindella metrica**

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



##### **Spessivetro**

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.



## E1329 – Scuola materna statale “Andersen” e scuola elementare “Montale”

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



### MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l'illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l'assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l'utilizzo di un luxmetro.

### ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

### RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

#### Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L'acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

| Condizione  | Metodo   |
|---|--|
| Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)    | La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946  |
| Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie | La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI / TS 11300)   |
| Stratigrafia della struttura non nota   | Si esegue un foro nella struttura (endoscopia o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946<br>Si determina la trasmittanza mediante misura in opera ( <b>termoflussimetria</b> ) in accordo con la norma ISO 9869 |

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l'unica metodologia di indagine non invasiva.

### Stima della trasmittanza della muratura dell’edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

| Tipo di informazione                | Dettaglio   |
|-------------------------------------|---|
| Informazioni reperite sull’edificio | Epoca costruttiva   |
| Evidenze di sopralluogo             | Riscontro acustico (suono pieno/vuoto)<br>Spessori murari rilevati con bindella metrica   |
| Rilievo termografico                | Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva<br>Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l’analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia |

### RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all’esterno sia all’interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all’installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l’ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l’unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riporta la fotografia che documenta l’utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l’edificio oggetto di DE.



### MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all’interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l’assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall’esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

|    | Titolo  | Data    | Nome file  |
|----|---|---------|--|
| 01 | ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo |
| 02 | ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI        | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo  |

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

|    | Titolo                                | Data    | Nome file   |
|----|---------------------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE | 03/2017 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita |

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

|    | Titolo   | Data    | Nome file                                       |
|----|--|---------|---|
| 01 | ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto |

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

|    | Titolo                               | Data    | Nome file                                    |
|----|--------------------------------------|---------|--|
| 01 | ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1 | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoH-ApeScenario1 |
| 02 | ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2 | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoH-ApeScenario2 |

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

|    | Titolo                      | Data    | Nome file                                      |
|----|-----------------------------|---------|--|
| 01 | ALLEGATO I – DATI CLIMATICI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoI-Dati climatici |

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

|    | Titolo                       | Data    | Nome file                                   |
|----|------------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoJ-SchedaAudit |



## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

|    | Titolo                  | Data    | Nome file                                 |
|----|-------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO K – SCHEDE ORE | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoK-SchedeOre |

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

|    | Titolo                                   | Data    | Nome file  |
|----|--|---------|--|
| 01 | ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI   | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi   |
| 02 | ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi |

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

|    | Titolo                           | Data    | Nome file   |
|----|----------------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1329_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark |

**ALLEGATO N – CD-ROM**