

Scuola Secondaria di I grado I.C."Quezzi" E680

Via Piero Pinetti 68

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

 eden
edilizia energetica

Scuola Secondaria di I grado I.C. “Quezzi”

E680

Via Piero Pinetti 68

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Maggio 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; www.comune.genova.it

[Gruppo Eden srls

Via della Barca 24/3, 40133, Bologna

Tel: 051-7166459 – info@gruppoeden.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|------------------|-------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| Rev. A | 24/04/2018 | Gruppo EDEN Srls | Ing. Sonia Subazzoli | Arch. Valentina Raisa | Prima emissione |
| Rev. B | 18/05/2018 | Gruppo EDEN Srls | Ing. Sonia Subazzoli | Arch. Valentina Raisa | Seconda emissione |
| Rev. C | 07/06/2018 | Gruppo EDEN Srls | Ing. Sonia Subazzoli | Arch. Valentina Raisa | Terza emissione |

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

| | |
|--|-----------|
| EXECUTIVE SUMMARY | V |
| INTRODUZIONE | 1 |
| 1.1 PREMESSA | 1 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 1 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO..... | 1 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO..... | 2 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO | 3 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 6 |
| 2 DATI DELL’EDIFICIO | 7 |
| 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 | 9 |
| 3 DATI CLIMATICI..... | 11 |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO..... | 11 |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI..... | 12 |
| 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO | 12 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 14 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO | 14 |
| <i>Involucro opaco</i> | <i>14</i> |
| <i>Involucro trasparente</i> | <i>15</i> |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE..... | 17 |
| <i>Sottosistema di emissione</i> | <i>17</i> |
| <i>Sottosistema di regolazione.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Sottosistema di distribuzione.....</i> | <i>19</i> |
| <i>Sottosistema di generazione.....</i> | <i>21</i> |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 22 |
| 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 | 25 |
| 5 CONSUMI RILEVATI | 26 |
| 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA..... | 26 |
| <i>Energia termica.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Energia elettrica.....</i> | <i>29</i> |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI | 32 |
| 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO | 37 |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO | 37 |
| <i>Validazione del modello termico.....</i> | <i>38</i> |
| <i>Validazione del modello elettrico.....</i> | <i>39</i> |
| 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI..... | 39 |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI..... | 41 |
| 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO | 43 |
| 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI | 43 |
| <i>Vettore termico.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Vettore elettrico.....</i> | <i>44</i> |
| 7.2 TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI..... | 47 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 7.3 | COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI | 48 |
| 7.4 | BASELINE DEI COSTI | 48 |
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA | 50 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI | 50 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio</i> | 50 |
| 8.1.2 | <i>Impianto di riscaldamento</i> | 55 |
| 8.1.3 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> | 57 |
| 8.1.4 | <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> | 58 |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA | 61 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI | 61 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI | 65 |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO | 73 |
| 9.3.1 | <i>Scenario 1: EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5 + EEM6</i> | 75 |
| 9.3.2 | <i>Scenario 2: EEM1 + EEM3 + EEM4</i> | 80 |
| 10 | CONCLUSIONI | 87 |
| 10.1 | RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA | 87 |
| 10.2 | RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI | 87 |
| 10.2.1 | <i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:</i> | 87 |
| 10.2.2 | <i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i> | 88 |
| 10.3 | CONCLUSIONI E COMMENTI | 89 |
| | ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA | A |
| | ALLEGATO B – ELABORATI | A |
| | ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA | 1 |
| | ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI | 1 |
| | ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI | 1 |
| | ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE | 1 |
| | ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA | 1 |
| | ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI | 1 |
| | ALLEGATO I – DATI CLIMATICI | 1 |
| | ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT | 1 |
| | ALLEGATO K – SCHEDE ORE | 1 |
| | ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI | 1 |
| | ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK | 1 |
| | ALLEGATO N – CD-ROM | 1 |

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 | | 1890 |
| Anno di ristrutturazione | | - |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili) | |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 1.359,81 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 2.558,12 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 7.172,97 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,357 |
| Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 1.406,84 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 2.207,73 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 936,41 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 3.144,14 |
| Tipologia generatore riscaldamento | Generatori tradizionali a basamento | |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 207,40 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | 0 |
| Tipo di combustibile | Metano | |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | Boiler Elettrici | |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 22,90 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 85.272 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 7.020,30 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 11.680 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 2.590,43 |

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): E' compreso anche il seminterrato in parte inagibile

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento pareti esterne lato interno;
- EEM 2: Isolamento copertura;
- EEM 3: Sostituzione infissi e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 4: Sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 1: Isolamento copertura, sostituzione infissi, sostituzione del generatore di calore, installazione di valvole termostatiche, installazione di lampade led, installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 2: Cappotto interno, sostituzione infissi, sostituzione del generatore di calore, installazione di valvole termostatiche.

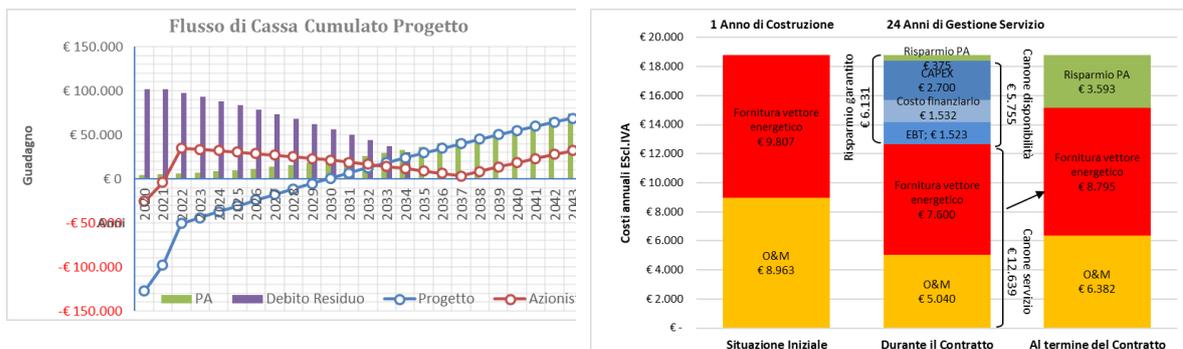
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|------------|------|------|------|-----------|-------|------|-------|-------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | % | % | €/anno | €/anno | €/anno | [€] | anni | anni | anni | € | % | - | | |
| EEM1 | 18,0% | 18,7% | 1.732,2 | 0,0 | 0,0 | -87.835,2 | 28,7 | 40,0 | 30 | -22.674,5 | 0,1% | -0,3 | [n/a] | [n/a] |
| EEM2 | 11,4% | 11,9% | 1.098,5 | 0,0 | 0,0 | -34.272,6 | 15,7 | 25,9 | 30 | 1.398,3 | 4,6% | 0,0 | [n/a] | [n/a] |
| EEM3 | 13,4% | 13,9% | 1.288,4 | 0,0 | 0,0 | -34.649,0 | 15,5 | 24,7 | 30 | 2.393,2 | 4,9% | 0,1 | [n/a] | [n/a] |
| EEM4 | 21,6% | 22,5% | 2.074,0 | 3.340,9 | 888,1 | -20.346,9 | 1,9 | 2,0 | 15 | 47.676,9 | 39,6% | 2,3 | [n/a] | [n/a] |
| EEM5 | 11,0% | 9,8% | 1.055,5 | 0,0 | 0,0 | -5.074,6 | 2,8 | 3,0 | 8 | 3.009,8 | 23,2% | 0,6 | [n/a] | [n/a] |
| EEM6 | 13,8% | 12,8% | 1.325,5 | 0,0 | 0,0 | -18.943,1 | 13,6 | 20,5 | 20 | -459,2 | 3,7% | 0,0 | [n/a] | [n/a] |
| SCN1 | 49,0% | 47,9% | 578,5 | 4.902,0 | 3.739,5 | -123.672,1 | 8,2 | 10 | 15 | 22.149 | 8,2% | 19,9 | 1,16 | 1,22 |
| SCN2 | 33,5% | 34,9% | 3.739,5 | 994,1 | 4.733,6 | -111.384,9 | 10,9 | 15 | 25 | 22.318 | 6,8% | 18,1 | 1,12 | 0,98 |

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).

Entrambi gli scenari prevedono interventi che coinvolgono sia l’involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile per l’SCN1. In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l’ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3). Entrambi gli scenari individuati consentono il salto di due classi e presentano valori sufficienti per i due indici, tranne l’LLCR dello Scenario 2, che risulta di poco inferiore all’unità.

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 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 CO₂.

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.

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dal Gruppo Eden srls il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Valentina Raisa, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 0.1 - Vista della facciata [esposta a Sud]



In Tabella 0.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

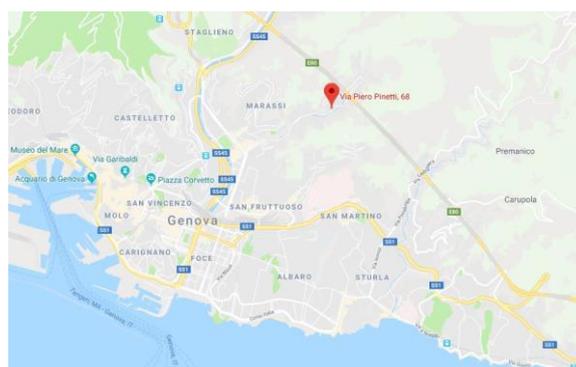
| NOME E COGNOME | RUOLO | ATTIVITÀ SVOLTA |
|-----------------------|---------------------------------------|--|
| Ing. Eugenio Ardeni | TA – Tecnico dell’analisi preliminare | Analisi del capitolato tecnico del bando e preparazione materiale per il sopralluogo |
| Ing. Sara Finardi | TR – Tecnico del rilievo | Sopralluogo in sito |
| Ing. Eleonora Cintura | TR – Tecnico del rilievo | Sopralluogo in sito |
| Ing. Eugenio Ardeni | TC – Tecnico del calcolo energetico | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Ing. Eugenio Ardeni | TC – Tecnico del calcolo energetico | Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico |
| Ing. Sonia Subazzoli | Esperto involucro | Revisione report di diagnosi energetica |
| Ing. Emanuele Pifferi | Esperto Impianto | Revisione report di diagnosi energetica |
| Arch. Valentina Raisa | REDE | Approvazione report di diagnosi energetica |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 35 Mapp. 2486 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Marassi, in via Piero Pinetti 68.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a sede dell’istituto comprensivo scuola media I.C. “Quezzi”.

Figura 0.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|--|-------------------|--|
| Anno di costruzione edificio | | 1890 |
| Anno di ristrutturazione | | - |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili) |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 1.359,81 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 2.558,12 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 7.172,97 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,357 |
| Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽²⁾ | [m ²] | 1.406,84 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽²⁾ | [m ²] | 2.207,73 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 936,41 |

| | | |
|---|---------------------------|-------------------------------------|
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) ⁽²⁾ | [m ²] | 3.144,14 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Generatori tradizionali a basamento |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 207,40 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | 0 |
| Tipo di combustibile | | Metano |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Boiler Elettrici |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 22,90 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 85.272 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 7.020,30 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 11.680 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 2.590,43 |

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): E' compreso anche il seminterrato in parte inagibile

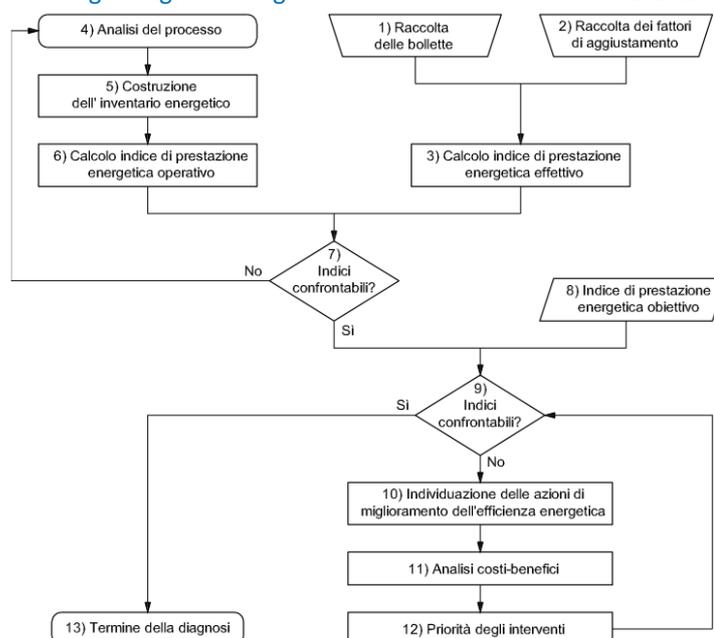
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- 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 22/11/2017 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 Namirial Termo 4.2, rilasciato dalla Namirial Spa in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in data 29/06/2016, protocollo n.71, come rispondente alle specifiche tecniche UNI TS 11300, 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_{real}), 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 CO₂) 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_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});

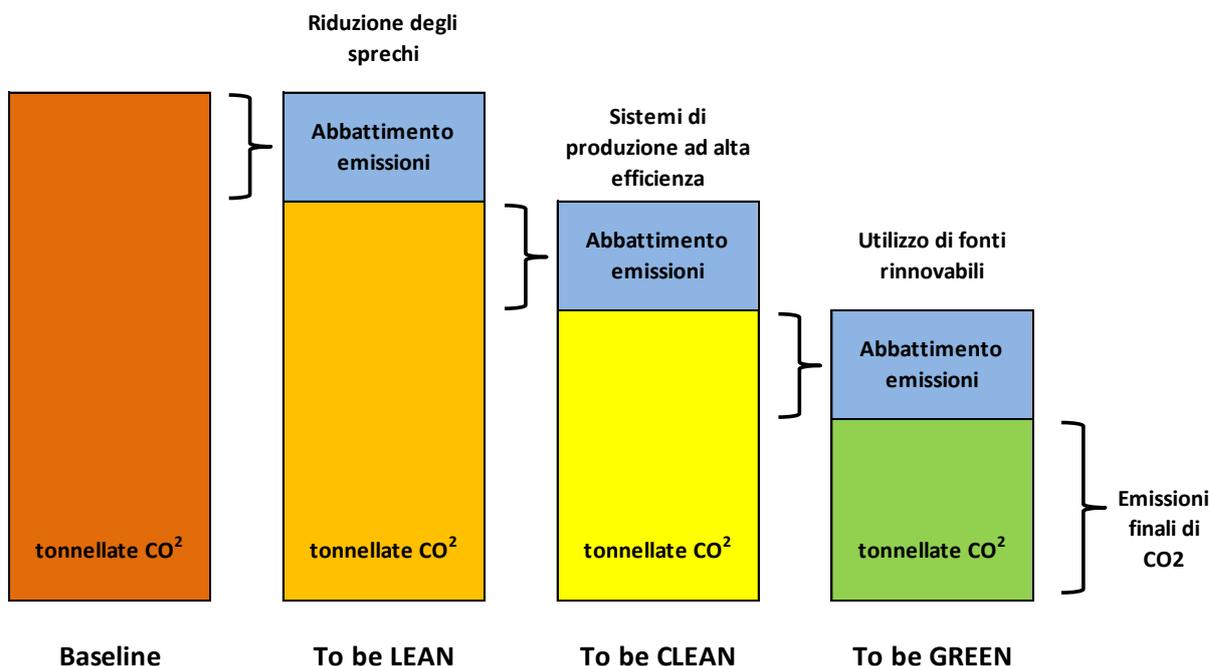
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, 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 0.3 – 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 0.4

Figura 0.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



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 CO₂, 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 lo sfruttamento di 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 energetica 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 dalle 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:

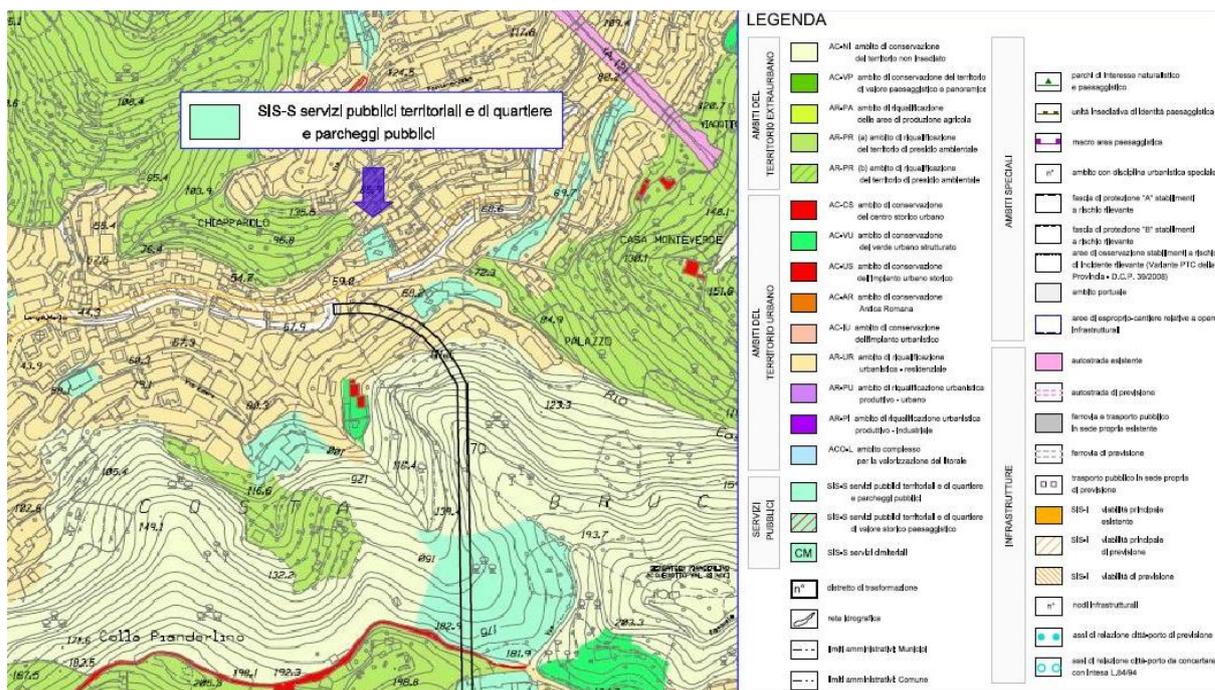
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 AR-UR “ambito di riqualificazione urbanistica – residenziale”, avente come obiettivo la realizzazione di interventi per la conservazione del patrimonio edilizio esistente fino alla ristrutturazione edilizia. In particolare l'edificio oggetto della DE viene classificato come SIS-S (Servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola media I.C. risale all'incirca al 1890. Ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. Al suo interno sono presenti anche due locali adibiti a palestra e un locale usato come auditorium.

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'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli studenti e dal personale docente.

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 e tutte le attività collegate all'utilizzo delle palestre e dell'auditorium. La centrale termica è presente al piano terra.

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 maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

| PIANO | UTILIZZO | U.M. | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾ | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾ | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾ |
|---------------|--|------------------------|---|--|---|
| Primo | Laboratori, locali tecnici, magazzino, palestra, | [m ²] | 420,30 | 420,30 | 0 |
| Secondo | Atrio, aule scolastiche, ufficio | [m ²] | 478,02 | 478,02 | 0 |
| Terzo | Aule scolastiche, magazzino | [m ²] | 456,77 | 456,77 | 0 |
| TOTALE | | [m²] | 1355,09 | 1355,09 | 0 |

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 l'edificio risale alla fine del XIX secolo, ma non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela. Ciò nonostante, data la storicità dell'edificio, si sono identificate le possibili interferenze alle misure di efficienza energetica proposte per eventuali presenza di vincoli.

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

| MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA | VINCOLO INTERESSATO | VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾ | MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE |
|--|---------------------|---|--|
| EEM 1: Isolamento pareti esterne | Storico – Artistico | | Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici |
| EEM 2: Isolamento copertura | - | | - |
| EEM 3: Sostituzione Infissi e installazione valvole termostatiche | Storico – Artistico | | Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici |
| EEM 4: Sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche | - | | - |
| EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led | - | | - |
| EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico | Storico – Artistico | | Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici |

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all’interno dell’edificio scolastico.

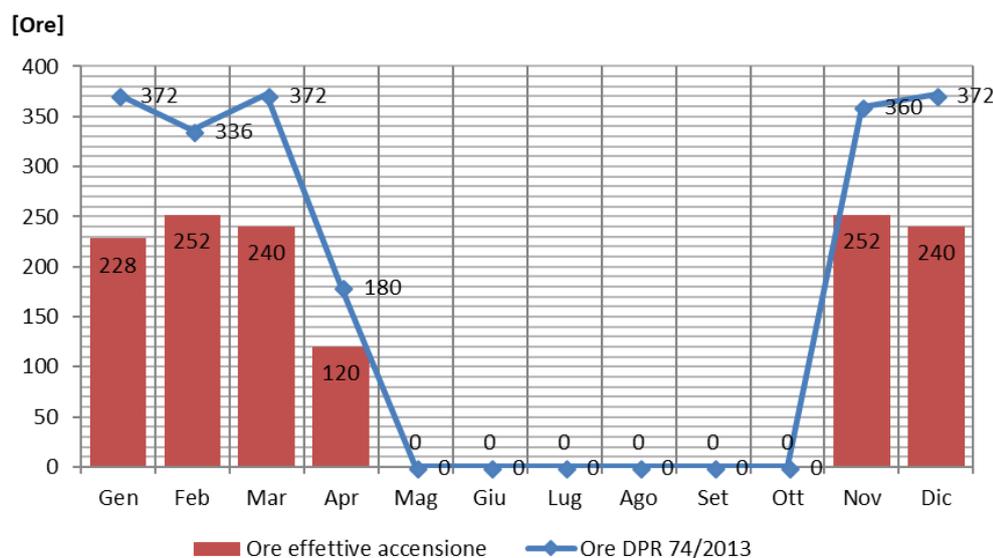
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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

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

| PERIODO | GIORNI SETTIMANALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Dal 1 Novembre al 15 Aprile | dal lunedì al venerdì | 7.30 – 15.40 | 6.00-18.00 |
| Dal 15 Aprile al 1 Novembre | dal lunedì al venerdì | 7.30 – 15.40 | - |

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’edificio



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura.

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 948 GG calcolati su 111 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_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

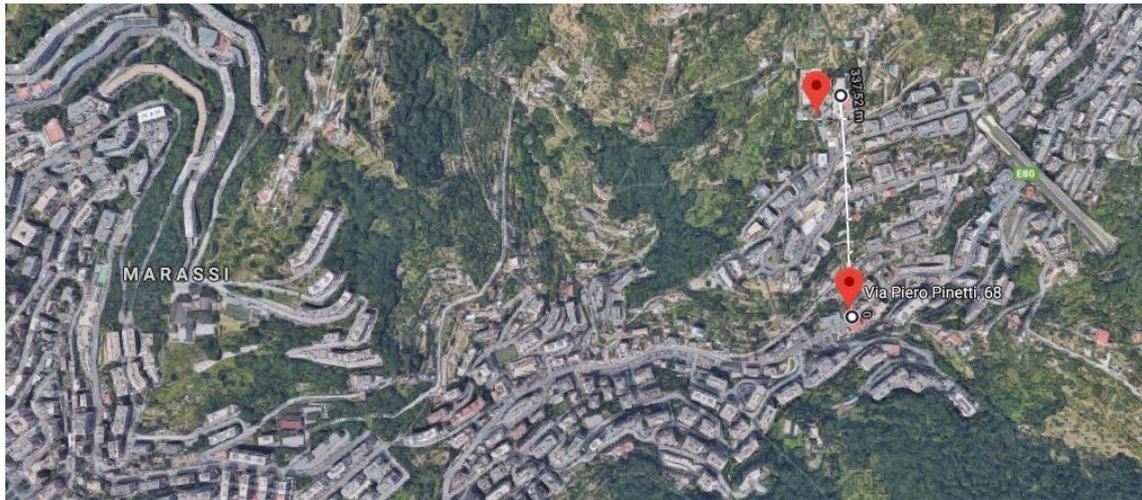
| Mese | GIORNI MENSILI | TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C] | GIORNI RISCALDAMENTO [g/m] | GG | GIORNI DI UTILIZZO [g/m] | GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m] | GG _{risc} | PROFILO DI INCIDENZA |
|---------------|----------------|---|----------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Gennaio | 31 | 10,4 | 31 | 298 | 19 | 19 | 182 | 24% |
| Febbraio | 28 | 10,5 | 28 | 266 | 21 | 21 | 200 | 21% |
| Marzo | 31 | 11,1 | 31 | 276 | 20 | 20 | 178 | 14% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 31 | 71 | 20 | 10 | 47 | 5% |
| Maggio | 31 | 18,7 | 15 | - | 22 | - | - | 0% |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 20 | - | - | 0% |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | 10 | - | - | 0% |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | 10 | - | - | 0% |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 22 | - | - | 0% |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 21 | - | - | 0% |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 21 | 21 | 141 | 16% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 20 | 20 | 200 | 20% |
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 245 | 111 | 948 | 100% |

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 climatica più vicina “GENOVA QUEZZI” in via Salita della Costa dei Ratti 6.

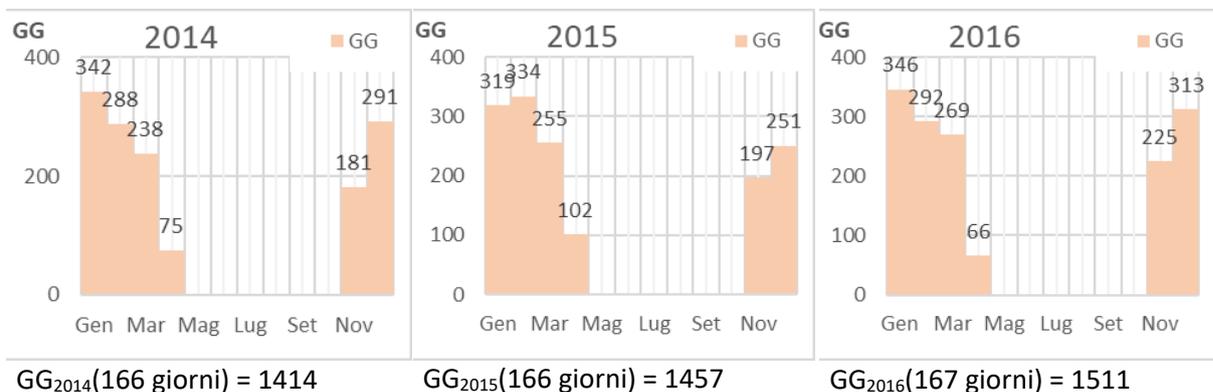
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

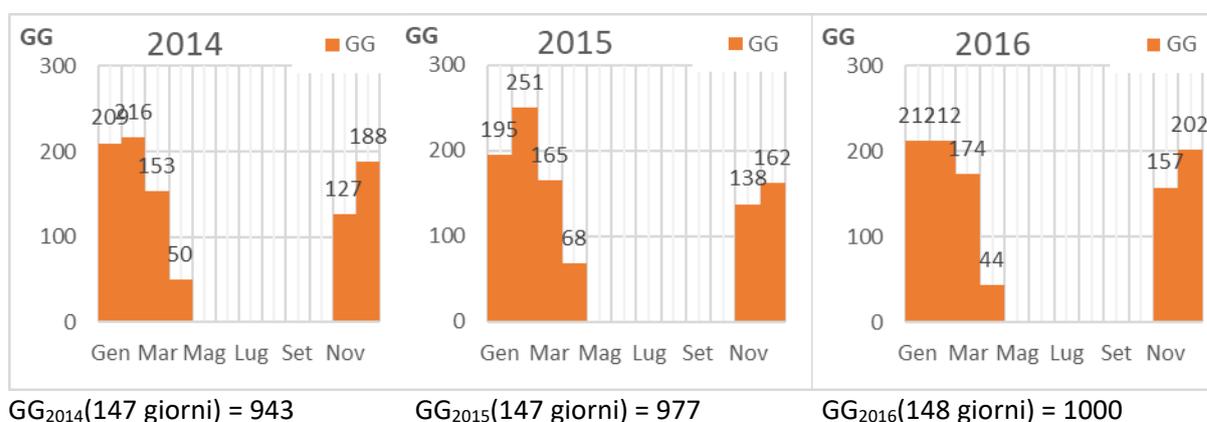


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 974 GG calcolati su 111 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.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è composto da murature portanti costituite prevalentemente da mattoni pieni. L'ingresso principale si trova in corrispondenza del piano seminterrato, il quale ospita anche i locali tecnologici. Le attività didattiche sono invece svolte nei 3 piani fuori terra soprastanti. La copertura dell'edificio è piana, costituita da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile. In corrispondenza del vano scala dell'edificio è presente un grande lucernario per l'ingresso della luce naturale. La facciata principale presenta un balcone e due cornicioni, che proseguono ai lati dell'edificio, ma non sul lato retrostante.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale



Figura 4.2 - Particolare della facciata retrostante

Va inoltre sottolineato che, anche se si tratta di un edificio che si trova all'interno di una zona di conservazione dell'impianto urbanistico, è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro visibili dall'esterno in quanto l'edificio non risulta vincolato.



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si notino in particolare un infisso e le discontinuità dell'involucro opaco (es:angolo rientrante).

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



L'analisi termografica viene riportata nell'Allegato C – Report di indagine termografica.

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 [cm] | ISOLAMENTO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|---------------------|---------|------------------|------------|---------------------------------|------------------------|
| Parete verticale | PE - 60 | 60 | Assente | 1,00 | Sufficiente |
| Parete verticale | PE - 50 | 50 | Assente | 1,05 | Sufficiente |
| Parete verticale | PE - 40 | 40 | Assente | 1,38 | Sufficiente |
| Parete verticale | PE - 30 | 30 | Assente | 1,71 | Sufficiente |
| Solaio contro terra | SOL1 | 30 | Assente | 1,65 | Sufficiente |
| Solaio interpiano | SOL2 | 30 | Assente | 1,30 | Sufficiente |
| Copertura piana | COP1 | 30 | Assente | 1,65 | 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.

Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto principalmente da due tipologie di infissi. I più obsoleti si trovano al secondo piano dell'edificio e sono infissi con telaio in legno e vetro singolo e si trovano in cattivo stato di manutenzione. Al primo e terzo piano, invece, gli infissi originali sono già stati sostituiti con finestre con telaio in PVC e vetro doppio. Sono presenti anche porte finestre in metallo e vetro singolo, due lucernai in plexiglas e due vetrate per il locale della palestra. Queste ultime sono in vetro singolo, in cattivo stato di conservazione.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti



Figura 4.6 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro



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 eseguito tramite l'utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si noti in particolare la maggiore dispersione degli infissi a vetro singolo (in basso) rispetto ai nuovi infissi in vetrocamera (in alto).

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



L'analisi termografica viene riportata nell'Allegato C – Report di indagine termografica.

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] [cm] | TIPO TELAIO | TIPO VETRO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|----------------------|--------|--------------------------|---------------|---------------|---------------------------------|------------------------|
| Serramento verticale | F1 | 145x220 | Pvc | Vetro doppio | 2,90 | Buono |
| Serramento verticale | F2 | 140x245 | Legno | Vetro singolo | 5,08 | Buono |
| Serramento verticale | F3 | 130x255 | Pvc | Vetro doppio | 3,29 | Buono |
| Serramento verticale | F4 | 125x250 | Pvc | Vetro doppio | 2,91 | Buono |
| Serramento verticale | F5 | 75x180 | Pvc | Vetro doppio | 2,97 | Buono |
| Serramento verticale | F6 | 130x250 | Legno | Vetro singolo | 2,91 | Buono |
| Lucernario | V1 | 600x410 | Policarbonato | Plexiglas | 6,74 | Buono |

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 ad acqua, alimentato da una caldaia a basamento.

Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da un'unica tipologia di terminali:

- Radiatori in ghisa e in acciaio.

I radiatori in ghisa e in acciaio sono installati in tutte le aule dell'edificio, nei corridoi e nella palestra. Alcuni radiatori in ghisa si trovano in cattivo stato di conservazione.

Sui terminali di emissione non sono installate valvole termostatiche di regolazione.

Figura 4.8 - Particolare di un radiatore in acciaio



Figura 4.9 – Particolare di un radiatore in ghisa



Figura 4.10 – Radiatori palestra



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

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

| ZONA TERMICA | TIPOLOGIA DI TERMINALE | RENDIMENTO |
|------------------------|------------------------------|------------|
| ZT-01 Aule scolastiche | Radiatori in ghisa e acciaio | 93% |

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 ⁽¹⁾ | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾ | POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA | POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA |
|---------------|------------------------------|--------|---|--|------------------------------|---------------------------------|
| | | | [kW] | [kW] | [kW] | [kW] |
| Primo | Radiatori in ghisa e metallo | 13 | 1,23 ÷ 2,83 | 15,87 | 0 | 0 |
| Secondo | Radiatori in ghisa | 16 | 0,67 ÷ 3,84 | 38,16 | 0 | 0 |
| Terzo | Radiatori in ghisa | 15 | 0,67 ÷ 4,23 | 34,25 | 0 | 0 |
| TOTALE | | - | - | - | - | - |

Nota (1): I dati inseriti sono stati presi dalle check list dei componenti dell'impianto di climatizzazione - terminali messi a disposizione da parte della PA; così è stato riportato il range della potenza termica unitaria indicando il valor minimo e massimo e la potenza termica totale dei terminali di emissione

L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione 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.

Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento delle caldaie in centrale termica avviene mediante telegestione con sonde climatiche esterne ed interne e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati in una centralina di controllo. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C. I radiatori sono dotati di valvole on-off.

Figura 4.11 - Particolare della centralina di controllo dell'edificio

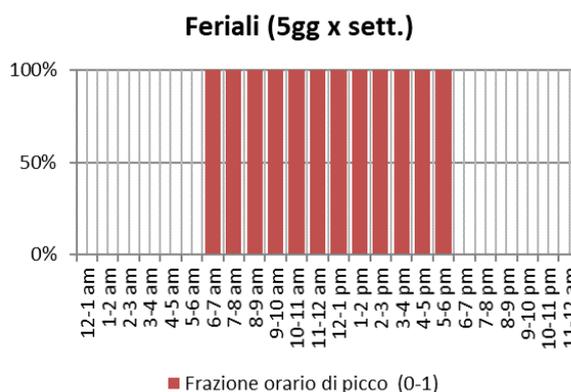


Figura 4.12 – Particolare della centralina di controllo dell'edificio



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti:

Figura 4.13 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica



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 4.5:

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

| ZONA TERMICA | TIPO DI REGOLAZIONE | RENDIMENTO |
|------------------------|---------------------|------------|
| ZT-01 Aule scolastiche | Zona + Climatica | 96% |

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.

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia a basamento e i terminali di emissione (fluido termovettore acqua).

1) **Circuito primario:** sono presenti due pompe di circolazione gemellari per inviare l'acqua calda ai terminali di emissione.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

| NOME | | SERVIZIO | PORTATA ⁽²⁾ [m ³ /h] | PREVALENZA ⁽¹⁾ [kPa] | POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ [kW] |
|---------------------------|---------|---------------------------------|---|------------------------------------|--|
| Circuito primario - ZT-01 | Salmson | mandata acqua calda a terminali | Non disponibile | 49 | 0,915 |
| Circuito primario - ZT-01 | Salmson | mandata acqua calda a terminali | Non disponibile | 49 | 0,915 |
| TOTALE | | | - | 49 | 1,83 |

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): non è stato possibile determinare il dato della portata né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

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 ⁽²⁾ °C | TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾ °C |
|---------------------------|---------|-------|---|--|
| Circuito Primario - ZT-01 | Mandata | Caldo | 65 | 70 |
| | Ritorno | Caldo | 55 | 55 |

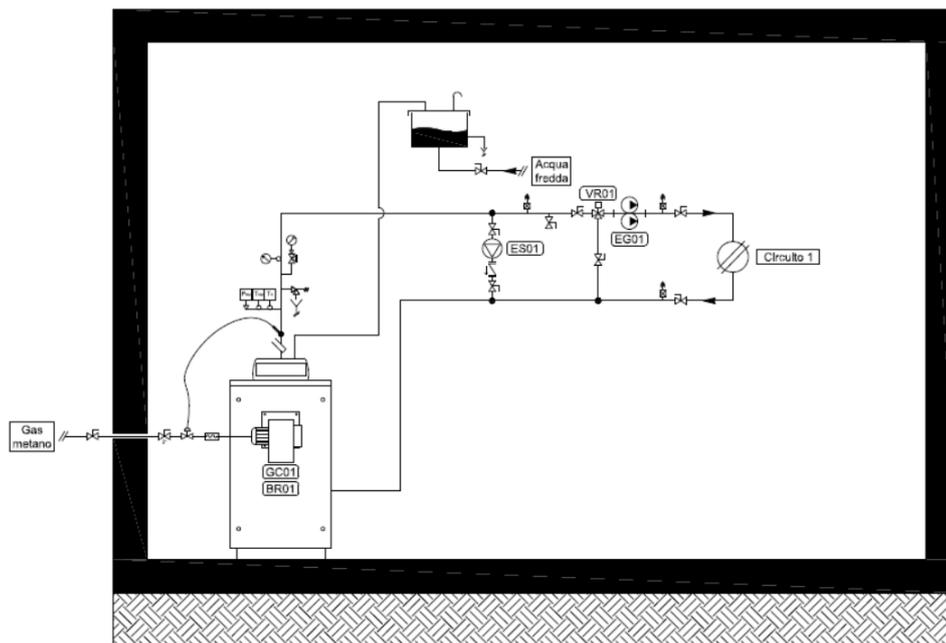
Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (2): Valori rilevati il giorno 30/11/2017 alle ore 10.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 9°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare una leggera differenza tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo. Tale differenza può essere dovuta ad un utilizzo inferiore rispetto ad un funzionamento a massimo carico.

Figura 4.14 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 037-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99.08%.

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.

Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia standard a basamento, marca I.VAR. modello Trispaced 230 TS, da 207 kW di potenza termica utile, alimentata a gas metano. È risalente al 2005 e serve l'intero edificio scolastico.

Figura 4.15 - Caldaia a basamento



Figura 4.7 - Dati di targa caldaia

| I.VAR INDUSTRY S.p.A. 37060 TREVENZANO (VR) Italy Zona Artigiana S. Pietro | | CE |
|--|------------------|------|
| Codice Code | PIN 0085BN0133 | 0055 |
| Caldaia modello Boiler type | TRISPACED 230 TS | |
| N° di fabbrica Construction No | 050293 | |
| Anno di costruzione Construction year | 2005 | |
| Potenza termica utile Nominal thermal capacity | 207,4 kW | |
| Potenza termica focolare Curved thermal capacity | 227,9 kW | |
| Pressione di max. di esercizio Max hydraulic working pressure | 6 bar | |
| Temperatura max. ammessa Max allowed temperature | 100 °C | |
| applicazione tipo/appliance type: B23 | | |

Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

| Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ | POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ | RENDIMENTO ⁽¹⁾ | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽²⁾ |
|---------------------|--------|------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--|
| | | | | [kW] | [kW] | | [kW] |
| Gen 1 Riscaldamento | I.VAR. | Trispaced 230 TS | 2005 | 227,9 | 207,4 | 91,7% | 0,07 |

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 90 %. Il rendimento indicato dalle prove fumi è del 95%, ma per il modello energetico viene usato il rendimento ricavato da modello energetico.

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 e 8 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Figura 4.16 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo; installato negli spogliatoi della palestra. Si sottolinea che nei servizi igienici della scuola l'acqua calda sanitaria non è disponibile.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9.

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

| Sottosistema di Erogazione ⁽¹⁾ | Sottosistema di Distribuzione ⁽¹⁾ | Sottosistema di Ricircolo ⁽²⁾ | Sottosistema di Accumulo ⁽²⁾ | Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾ | Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾ |
|---|--|--|---|--|--|
| 100% | 92,6% | - | - | 75% | 70% |

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

Nota (2): Dato mancante in quanto assente tale sottosistema

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

L'edificio non è dotato di un impianto di climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

L'edificio non è dotato di un impianto ventilazione meccanica.

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 PC, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE [W] | POTENZA COMPLESSIVA [kW] | ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore] |
|--------------------------------|---|--------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Lab.Sienze- I°Piano | SCALDAVIVANDE | 2 | 2.000 | 4 | 735 |
| Ufficio - II° Piano | PC + Monitor | 1 | 150 | 0,15 | 2.205 |
| Ufficio - II° Piano | FAX/stampanti | 2 | 300 | 0,6 | 2.205 |
| Ufficio - II° Piano | Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici | 1 | 1.100 | 1,1 | 2.205 |
| Ufficio - II° Piano | PC + Monitor | 9 | 150 | 1,35 | 2.205 |
| Ufficio - II° Piano | FAX/stampanti | 1 | 300 | 0,3 | 2.205 |
| Sala Insegnanti - II° Piano | MACCHINETTE SNACK | 1 | 1.100 | 1,1 | 8.232 |
| Aula - II° Piano | TV/STEREO | 1 | 150 | 0,15 | 1.960 |
| Sala Medica- II° Piano | MICROONDE | 1 | 700 | 0,7 | 980 |
| Aula - II° Piano | LIM | 1 | 300 | 0,3 | 980 |
| Aula - III° Piano | TV/STEREO | 1 | 150 | 0,15 | 1.960 |
| Laboratorio - III° Piano | PC + Monitor | 1 | 150 | 0,15 | 2.205 |
| Lab.Tecnologia - III° Piano | TV/STEREO | 1 | 150 | 0,15 | 1.960 |

L'elenco delle 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 principalmente da lampade fluorescenti. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a tubi fluorescenti installate a soffitto nelle aule e nei corridoi;
- Lampade a tubi fluorescenti installate nella palestra;
- Lampade fluorescenti installate nei servizi igienici.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche



Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei servizi igienici



Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA UNITARIA | POTENZA COMPLESSIVA |
|----------------------------------|-------------------------|--------|------------------|---------------------|
| | | | [W] | [kW] |
| Altro piano terra | 2x58W Tubi Fluorescenti | 2 | 116 | 0,232 |
| Vano Scala-Piano Primo | 2x58W Tubi Fluorescenti | 1 | 116 | 0,116 |
| Spogliatoio- Piano Primo | 2x36W Tubi Fluorescenti | 1 | 72 | 0,072 |
| Laboratorio arte- Piano Primo | 1x58W Tubi Fluorescenti | 6 | 116 | 0,696 |
| Magazzino- Piano Primo | 1x58W Tubi Fluorescenti | 6 | 116 | 0,696 |
| Palestra- Piano Primo | 2x58W Tubi Fluorescenti | 8 | 116 | 0,928 |
| Palestra- Piano Primo | 2x36W Tubi Fluorescenti | 6 | 72 | 0,432 |
| Antibagno- Piano Primo | 1x58W Tubi Fluorescenti | 2 | 58 | 0,116 |
| Corridoio- Piano Primo | 2x36W Tubi Fluorescenti | 1 | 72 | 0,216 |
| Laboratorio scienze- Piano Primo | 2x36W Tubi Fluorescenti | 6 | 72 | 0,432 |
| Disimpegno- Piano Primo | 2x36W Tubi Fluorescenti | 2 | 72 | 0,144 |
| Ufficio -Piano Secondo | 2x36W Tubi fluorescenti | 10 | 72 | 0,720 |
| Sala insegnanti -Piano Secondo | 2x36W Tubi fluorescenti | 6 | 72 | 0,432 |
| Atrio- Piano Secondo | 2x36W Tubi fluorescenti | 8 | 72 | 0,576 |
| Aula -Piano Secondo | 2x36W Tubi fluorescenti | 4 | 72 | 0,288 |
| Disimpegno-Piano Secondo | 2x58W Tubi fluorescenti | 1 | 116 | 0,116 |
| Balcone-Piano Secondo | 2x36W Tubi fluorescenti | 2 | 72 | 0,144 |
| Corridoio- Piano Terzo | 2x36W Tubi fluorescenti | 3 | 72 | 0,216 |
| Disimpegno- Piano Terzo | 2x58W Tubi fluorescenti | 1 | 116 | 0,116 |
| Aula - Piano Terzo | 2x36W Tubi fluorescenti | 16 | 72 | 1,152 |
| Lab. di tecnologia- Piano Terzo | 2x36W Tubi fluorescenti | 4 | 72 | 0,288 |

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

L'edificio non è dotato di un impianto a fonte rinnovabile o di tipo cogenerativo per la produzione di energia elettrica e/o termica.

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.

Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il 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] | [kg/Sm ³] | [kWh/Nm ³] | [Sm ³ /Nm ³] | [kWh/Sm ³] |
| Metano | n/a | n/a | 9,94 (*) | 1,0549 | 9,42 |

Nota (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio della centrale termica per il riscaldamento degli ambienti.

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

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas metano forniti 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 |
|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| | | [Sm ³] | [Sm ³] | [Sm ³] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| 3270049260000 | Riscaldamento | 9.519 | 8.890 | 9.453 | 89.670 | 83.740 | 89.047 |

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione termici si è provveduto alla valutazione dei consumi mensili fatturati nel triennio di riferimento, ma il PDR 3270049260000 è gestito tramite contratto SI3, quindi non si hanno a disposizione le fatture; perciò sono stati ricostruiti i consumi mensili parametrizzando i consumi annuali forniti dalla società di distribuzione sulla base dei GG nei giorni di utilizzo per ogni mese nel periodo di riscaldamento.

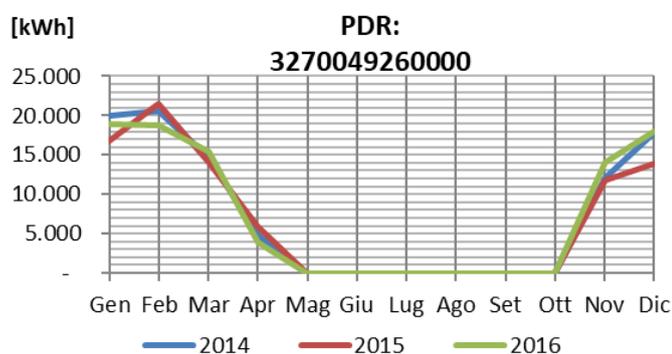
I consumi mensili fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

| PDR: 3270049260000 | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| Mese di riferimento | [Sm ³] | [Sm ³] | [Sm ³] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 2.114 | 1.775 | 2.004 | 19.915 | 16.725 | 18.875 |
| Febbraio | 2.177 | 2.278 | 2.000 | 20.511 | 21.462 | 18.835 |
| Marzo | 1.549 | 1.498 | 1.641 | 14.595 | 14.112 | 15.455 |
| Aprile | 504 | 616 | 413 | 4.748 | 5.803 | 3.893 |
| Maggio | - | - | - | - | - | - |
| Giugno | - | - | - | - | - | - |
| Luglio | - | - | - | - | - | - |
| Agosto | - | - | - | - | - | - |
| Settembre | - | - | - | - | - | - |
| Ottobre | - | - | - | - | - | - |
| Novembre | 1.278 | 1.252 | 1.488 | 12.041 | 11.791 | 14.014 |
| Dicembre | 1.896 | 1.470 | 1.908 | 17.859 | 13.847 | 17.976 |
| Totale | 9.519 | 8.890 | 9.453 | 89.670 | 83.740 | 89.047 |

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 il prelievo termico del triennio per il primo PDR è caratterizzato da un valore minimo pari a 8.890m³ nel 2015, e un valore di massimo prelievo pari a 9.519 m³ nel 2014. I consumi annui hanno subito un calo dal 2015 al 2016 del 6% nonostante un aumento dei gradi giorni invernali in questi due anni.

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:

$GG_{real,i}$ = 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.

$Q_{real,i}$ = Consumo termico reale per riscaldamento dell’edificio nell’anno *i-esimo*, kWh/anno.

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

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

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. Tale contributo non è stato valutato in quanto l’ACS è prodotta da boiler elettrici.

\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 nella scuola non è presente il servizio mensa.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| ANNO | GG ^{REAL} SU 111 GIORNI | GG ^{RIF} SU 111 GIORNI | CONSUMO REALE RISC. [Smc] | CONSUMO REALE RISC. [kWh] | α_{rif} | CONSUMO NORMALIZZATO A 948 GG [kWh] | CONSUMO ACS [kWh] | CONSUMO ALTRO [kWh] |
|--------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 2014 | 943 | 948 | 9.519 | 89.670 | 95,1 | 90.145 | - | - |
| 2015 | 977 | 948 | 8.890 | 83.740 | 85,7 | 81.254 | - | - |
| 2016 | 1.000 | 948 | 9.453 | 89.047 | 89,0 | 84.417 | - | - |
| Media | 973 | 948 | 9.287 | 87.486 | 89,9 | 85.272 | - | - |

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento variabile dei consumi: prima sono aumentati dal 2014 al 2015, poi sono diminuiti dal 2015 al 2016 nonostante una continua diminuzione delle temperature esterne medie mensili, pure i consumi dovuti alla produzione di acs sono diminuiti mentre il consumi dovuti all’uso della cucina sono aumentati.

La riduzione dei consumi per il riscaldamento non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più all’aumento delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento o al minor utilizzo dell’edificio.

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} | - |
| \bar{Q}_{ALTRO} | - |
| $\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$ | 85.272 |
| $Q_{baseline}$ | 85.272 |

Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio dell'intero edificio.

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

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

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi 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] |
| IT001E00097159 | Scuola media I.C. “Quezzi” | 12.572 | 11.771 | 10.696 | 11.680 |
| TOTALE | | 12.572 | 11.771 | 10.696 | 11.680 |

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le seguenti differenze: per il POD1 il 2014 il consumo fornito dalla PA è di 12.572 kWh in più del dato elaborato tramite l'analisi della fatturazione. Nel 2015 per il POD1 sono stati elaborati tramite l'analisi della fatturazione 12.250 kWh in meno del dato fornito dalla PA. Maggiore è la differenza per il 2016 per cui la PA ha indicato un consumo di 11.666 kWh superiore del dato elaborato.

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali, fatturati dalla società di fornitura, per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 11.680 kWh.

I consumi mensili fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.7.

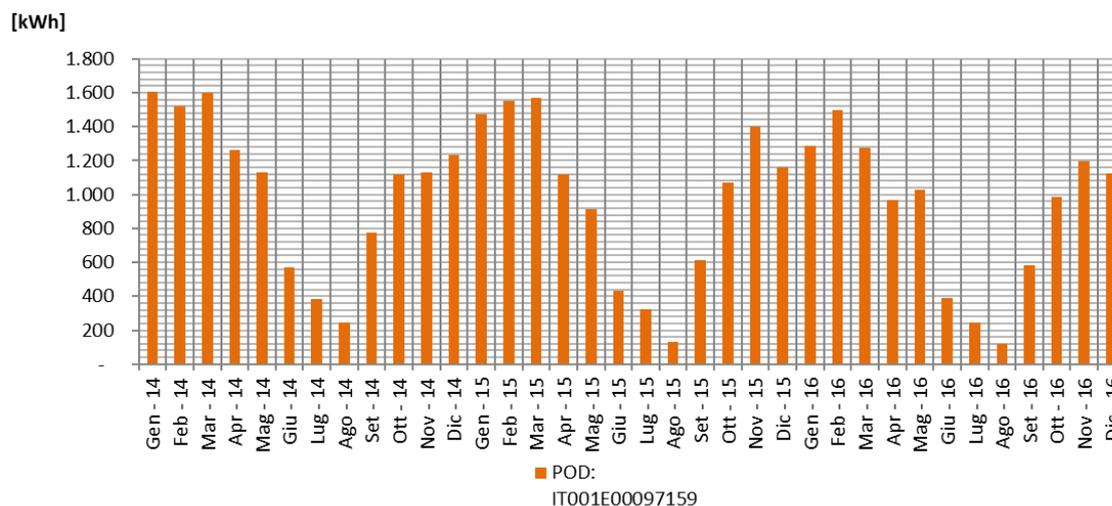
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00097159 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.213 | 174 | 220 | 1.607 |
| Febbraio | 1.229 | 172 | 120 | 1.521 |
| Marzo | 1.280 | 179 | 142 | 1.601 |
| Aprile | 994 | 136 | 131 | 1.261 |
| Maggio | 872 | 144 | 113 | 1.129 |
| Giugno | 368 | 85 | 117 | 570 |
| Luglio | 212 | 70 | 104 | 386 |
| Agosto | 72 | 58 | 113 | 243 |
| Settembre | 571 | 97 | 106 | 774 |
| Ottobre | 866 | 121 | 129 | 1.116 |
| Novembre | 851 | 123 | 158 | 1.132 |
| Dicembre | 944 | 131 | 157 | 1.232 |
| Totale | 9.472 | 1.490 | 1.610 | 12.572 |
| POD: IT001E00097159 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |

| POD: IT001E00097159 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Gennaio | 1.120 | 148 | 207 | 1.475 |
| Febbraio | 1.268 | 153 | 133 | 1.554 |
| Marzo | 1.312 | 136 | 121 | 1.569 |
| Aprile | 922 | 96 | 102 | 1.120 |
| Maggio | 740 | 86 | 89 | 915 |
| Giugno | 289 | 64 | 79 | 432 |
| Luglio | 215 | 50 | 61 | 326 |
| Agosto | 41 | 29 | 61 | 131 |
| Settembre | 463 | 68 | 82 | 613 |
| Ottobre | 852 | 131 | 89 | 1.072 |
| Novembre | 1.141 | 134 | 126 | 1.401 |
| Dicembre | 942 | 105 | 116 | 1.163 |
| Totale | 9.305 | 1.200 | 1.266 | 11.771 |
| POD: IT001E00097159 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.036 | 112 | 137 | 1.285 |
| Febbraio | 1.260 | 129 | 108 | 1.497 |
| Marzo | 1.018 | 124 | 130 | 1.272 |
| Aprile | 763 | 103 | 103 | 969 |
| Maggio | 841 | 93 | 93 | 1.027 |
| Giugno | 275 | 44 | 68 | 387 |
| Luglio | 148 | 41 | 58 | 247 |
| Agosto | 39 | 28 | 53 | 120 |
| Settembre | 439 | 67 | 77 | 583 |
| Ottobre | 780 | 98 | 109 | 987 |
| Novembre | 964 | 106 | 127 | 1.197 |
| Dicembre | 872 | 99 | 154 | 1.125 |
| Totale | 8.435 | 1.044 | 1.217 | 10.696 |

Si riporta nella Figura 5.2 il profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento



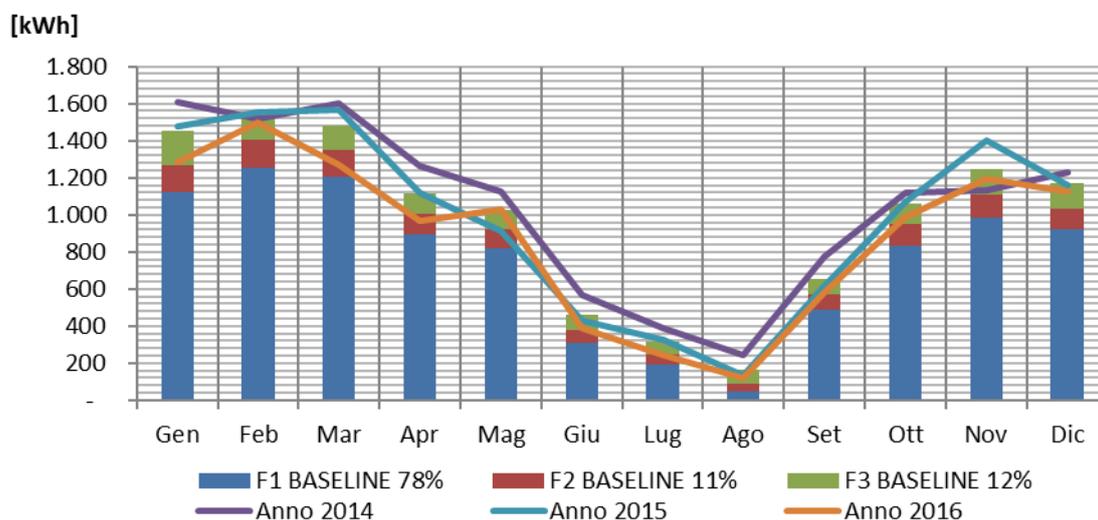
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.123 | 145 | 188 | 1.456 |
| Febbraio | 1.252 | 151 | 120 | 1.524 |
| Marzo | 1.203 | 146 | 131 | 1.481 |
| Aprile | 893 | 112 | 112 | 1.117 |
| Maggio | 818 | 108 | 98 | 1.024 |
| Giugno | 311 | 64 | 88 | 463 |
| Luglio | 192 | 54 | 74 | 320 |
| Agosto | 51 | 38 | 76 | 165 |
| Settembre | 491 | 77 | 88 | 657 |
| Ottobre | 833 | 117 | 109 | 1.058 |
| Novembre | 985 | 121 | 137 | 1.243 |
| Dicembre | 919 | 112 | 142 | 1.173 |
| Totale | 9.071 | 1.245 | 1.364 | 11.680 |

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 e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Maggio compresi rispetto ai mesi estivi, con il picco di utilizzo tra Gennaio e Marzo. Nel mese di Agosto è stato rilevato un consumo visto l’utilizzo dell’edificio per attività estive.

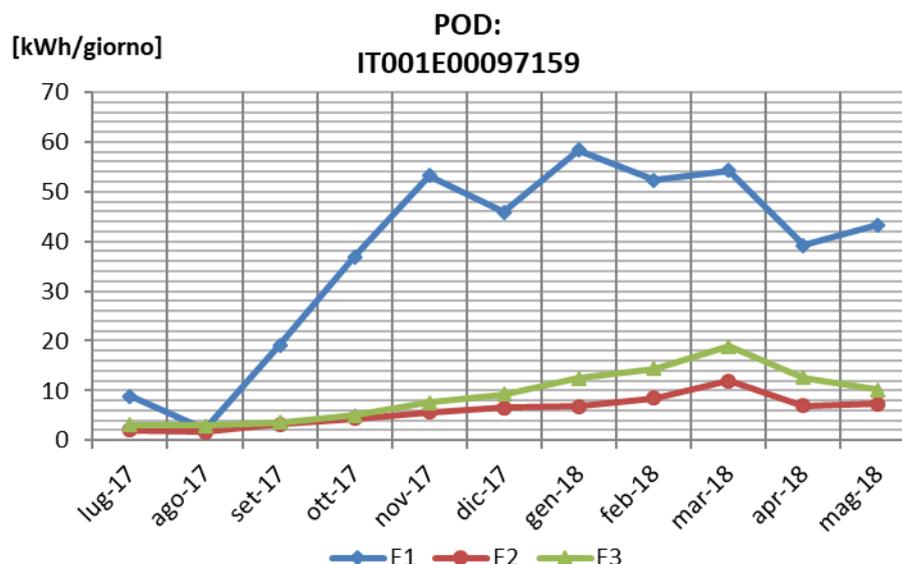
Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici perché al momento di realizzazione della diagnosi non erano più disponibili tali informazioni da parte della società di distribuzione.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri medi dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica, la quale rende disponibili le letture dei prelievi di energia elettrica nell’ultimo giorno del mese suddivise per fascia.

Si è pertanto analizzato il profilo giornaliero medio di ogni mese sulla base dei giorni di utilizzo, ad eccezione del mese di Giugno perché al momento di realizzazione della diagnosi sono risultate disponibili le letture dal 30 Giugno 2017 al 31 Maggio 2018.

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

Figura 5.4 – Profilo giornaliero medio dei consumi elettrici per il POD IT001E00097159



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento molto variabile dei consumi soprattutto per la fascia F1 con una diminuzione netta dei consumi giornalieri verso l’estate e un picco di utilizzo nel mese di Gennaio; mentre i consumi in fascia F2 hanno un leggero aumento nei mesi invernali i consumi in fascia F3 rimangono pressochè costanti.

Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche di utilizzo dell’edificio e delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

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 CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

| COMBUSTIBILE | FATTORE DI CONVERSIONE tCO ₂ /MWh |
|-------------------|---|
| Energia elettrica | * 0,467 |
| Gas naturale | * 0,202 |
| GPL | * 0,227 |

| | |
|-------------------|---------|
| Olio combustibile | * 0,267 |
| Gasolio | * 0,267 |
| Benzina | * 0,249 |

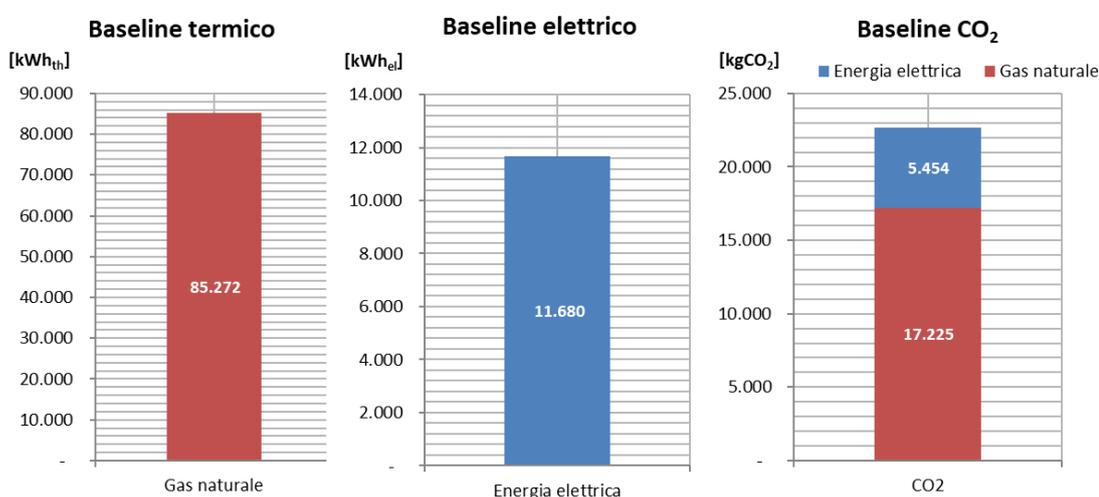
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 e nella Figura 5.6.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | [kWh] | [tCO ₂ /MWh] | [tCO ₂] |
| Energia elettrica | 11.680 | * 0,467 | 5,45 |
| Gas naturale | 85.272 | * 0,202 | 17,23 |

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO₂.



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 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

| COMBUSTIBILE | F _{P,nren} | F _{P,ren} | F _{P,tot} |
|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Energia elettrica da rete | 1,95 | 0,47 | 2,42 |
| Gas naturale | 1,05 | 0 | 1,05 |

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO | | VALORE | U.M. |
|-----------|--|----------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta riscaldata | 1.359,81 | m ² |
| FATTORE 2 | Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) ⁽¹⁾ | 1.406,84 | m ² |
| FATTORE 3 | Volume lordo riscaldato | 7.172,97 | m ³ |

Nota (1): Non viene considerato la parte di seminterrato inagibile, altrimenti se considerato tale locale falserebbe la parametrizzazione sia dei consumi termici sia dei consumi elettrici.

Nella Tabella 5.13 e nella tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|--|--|---|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Energia elettrica | 11.680 | 2,42 | 28.265 | 20,79 | 20,09 | 3,94 | 4,01 | 3,88 | 0,76 |
| Gas naturale | 85.272 | 1,05 | 89.536 | 65,84 | 63,64 | 12,48 | 12,67 | 12,24 | 2,40 |
| TOTALE | 96.952 | 3,47 | 117.800 | 86,63 | 83,73 | 16,42 | 16,68 | 16,12 | 3,16 |

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

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|---|---|--|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Energia elettrica | 11.680 | 1,95 | 22.775 | 16,75 | 16,19 | 3,18 | 4,01 | 3,88 | 0,76 |
| Gas naturale | 85.272 | 1,05 | 89.536 | 65,8 | 63,6 | 12,5 | 12,67 | 12,24 | 2,40 |
| TOTALE | 96.952 | 3,00 | 112.311 | 82,59 | 79,83 | 15,66 | 16,68 | 16,12 | 3,16 |

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO2 valutati in funzione della superficie utile riscaldata

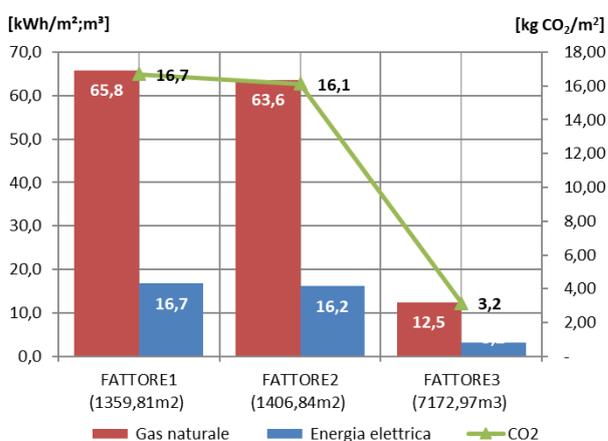
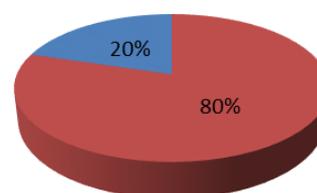
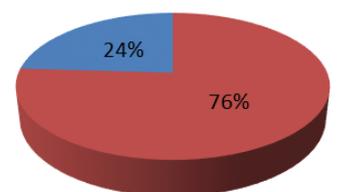


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO2

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ 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 5.15 – Indicatori di performance energetici

| COMBUSTIBILE | IEN _R | | | IEN _E | | |
|-------------------|-----------------------------|-------|-------|--------------------------|------|------|
| | Wh/(m ³ GG anno) | | | Wh/(m ² anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 11,93 | 10,75 | 11,17 | - | - | - |
| Energia elettrica | - | - | - | 8,94 | 8,37 | 7,60 |

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE.

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

 $Wh_t / m^3 \times GG \times anno$

| | Buono | Sufficiente | Insufficiente |
|---------------------------|----------------|----------------|------------------|
| Materne | minore di 18,5 | da 18,5 a 23,5 | maggiore di 23,5 |
| Elementari | minore di 11,0 | da 11,0 a 17,5 | maggiore di 17,5 |
| Medie, Secondarie Sup. | minore di 11,5 | da 11,5 a 15,5 | maggiore di 15,5 |

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

 $kWh_e / m^2 \times anno$

| | Buono | Sufficiente | Insufficiente |
|--|----------------|----------------|------------------|
| Materne | minore di 11,0 | da 11,0 a 16,5 | maggiore di 16,5 |
| Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind. | minore di 9,0 | da 9,0 a 12,0 | maggiore di 12,0 |
| Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind. | minore di 12,5 | da 12,5 a 15,5 | maggiore di 15,5 |

L'analisi del confronto con le linee guida ENEA – FIRE è riportato nell'Allegato M – Report di Benchmark.

Dal confronto con le linee guida ENEA - FIRE si deduce che la classe di merito dei consumi specifici per il riscaldamento risulta sufficiente nel 2014, mantenendosi a livello buono per i due anni successivi. Per quanto riguarda il consumo specifico per l'energia elettrica è buono durante tutto il triennio.

Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono già buoni con un trend che inizialmente tende a diminuire tra l'anno 2014/2015 per poi livemente incrementarsi tra il 2015/2016. Medesimo ragionamento per i consumi elettrici.

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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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.

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 TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|--|-----------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale non rinnovabile | EP _{gl,nren} | kWh/mq anno | 271,4 | 262,5 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 231,2 | 230,1 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | 0,9 | 0,7 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | 0,0 | 0 |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 0,0 | 0,0 |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 39,3 | 31,7 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 0,0 | 0 |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 52,1 | 52,1 |

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 |
|-----------------------------|------------|--|
| | [kWh/anno] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale | 291.012 | 305.563 |
| Energia Elettrica | 25.815 | 50.339 |

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 [kWhel] |
|--|-------------------------------------|
| 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 |
| Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili | $E_{exp,el}$ |

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 informazioni avute a disposizione sull’utilizzo dell’edificio e sui sistemi di produzione dell’energia termica ed elettrica presenti al suo interno e i dati rilevati durante il sopralluogo.

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 TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|----------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale non rinnovabile | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 84,3 | 80,5 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 68,3 | 67,6 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | 0,5 | 0,4 |
| Ventilazione | EP_v | kWh/mq anno | 0,0 | 0,0 |
| Raffrescamento | EP_c | kWh/mq anno | 0,0 | 0,0 |

| | | | | |
|--|-------------------|-------------|------|------|
| Illuminazione artificiale ⁽¹⁾ | EP _L | kWh/mq anno | 15,5 | 12,5 |
| Trasporto di persone e cose ⁽¹⁾ | EP _T | kWh/mq anno | 0,0 | 0,0 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 16,8 | 16,8 |

Nota (1): Gli indicatori EP_L e EP_T riguardano solo una parte dei consumi elettrici complessivi dell’edificio, i quali sono dati anche dall’energia elettrica usata per il servizio di riscaldamento, per la produzione di acqua calda sanitaria e per il funzionamento delle altre utenze elettriche installate.

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

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

| FORTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO [mc/anno] | CONSUMO [kWh/anno] |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Gas Naturale | 8.859 | 83.717 |
| Energia Elettrica | - | 11.717 |

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q_{baseline}) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico (Q_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

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

| Q _{teorico} [kWh/anno] | Q _{baseline} [kWh/anno] | Congruità [%] |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| 83.717 | 85.272 | 1,9% |

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

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 0 ed il fabbisogno teorico (EE_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

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

| EE _{teorico} [kWh/anno] | EE _{baseline} [kWh/anno] | Congruità [%] |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 11.717 | 11.680 | 0,3% |

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

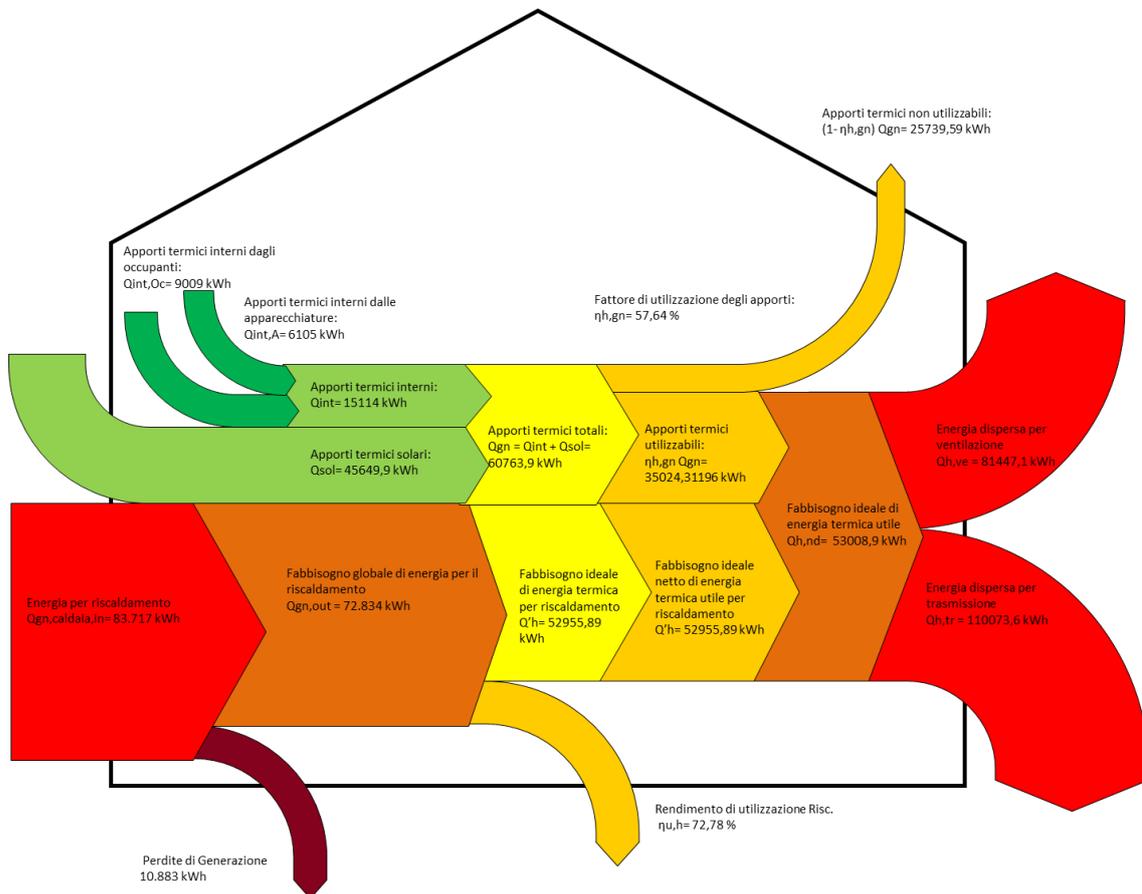
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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/(m² 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

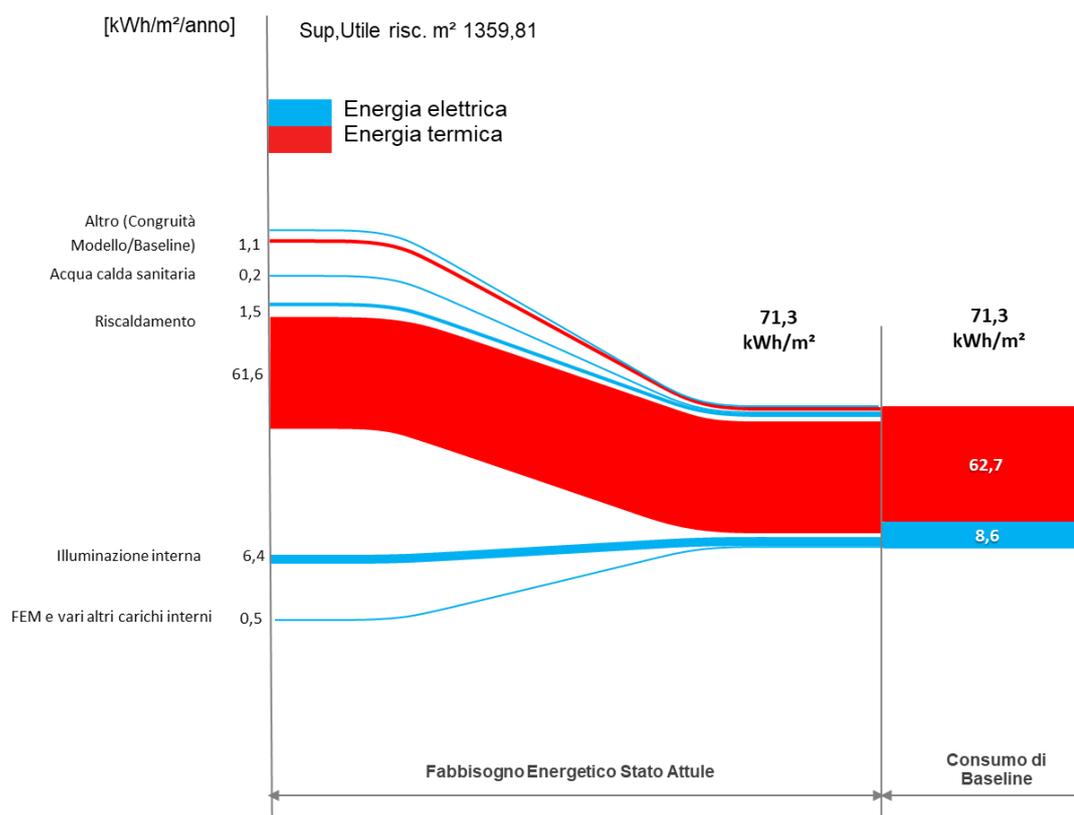
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



L’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio riguarda solo il riscaldamento ed 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 58% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 73%.

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/(m² 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.

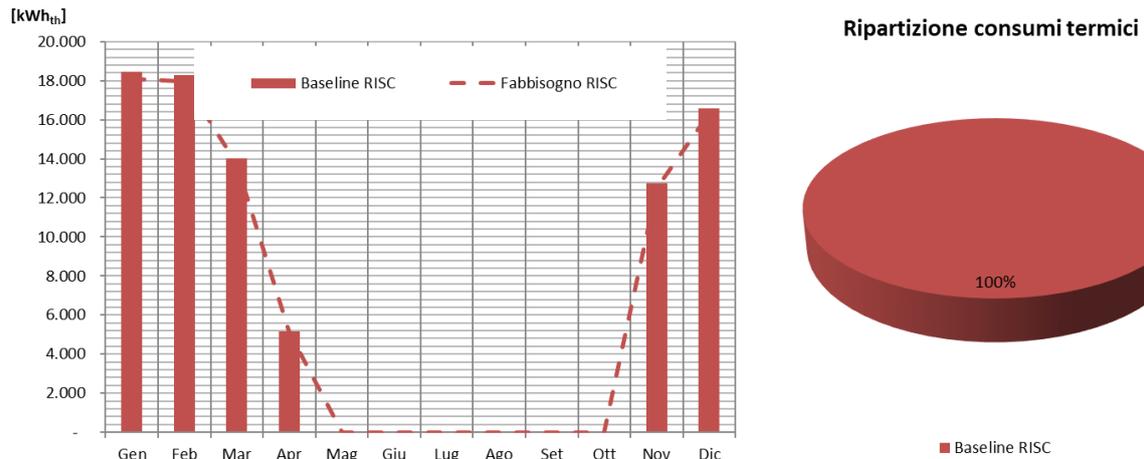
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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.

Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.3.

Figura 6.3 – Confronto tra il profilo mensile del Baseline Termico e il profilo mensile dei GG rif



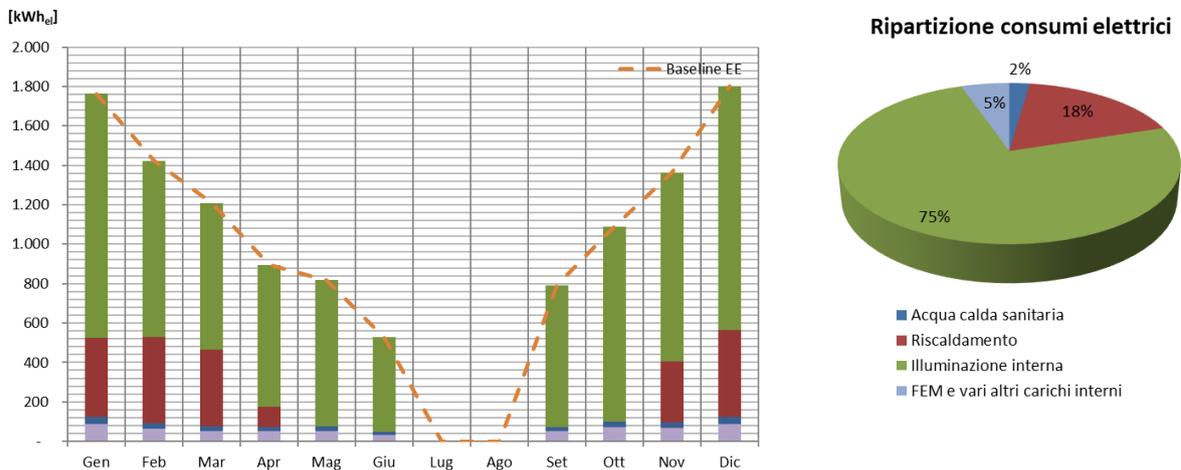
Si può notare che tutti i consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali. Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell'edificio.

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.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

Figura 6.4 – Andamento mensile dei consumi elettrici ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo per l'illuminazione dei locali. Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l'impianto di illuminazione o a ridurre i consumi elettrici installando un impianto fotovoltaico.

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.

Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un contratto per un PDR presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270049260000: 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 della PA;

Anche per la fornitura di gas metano gestita tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il triennio di riferimento e per il 2017

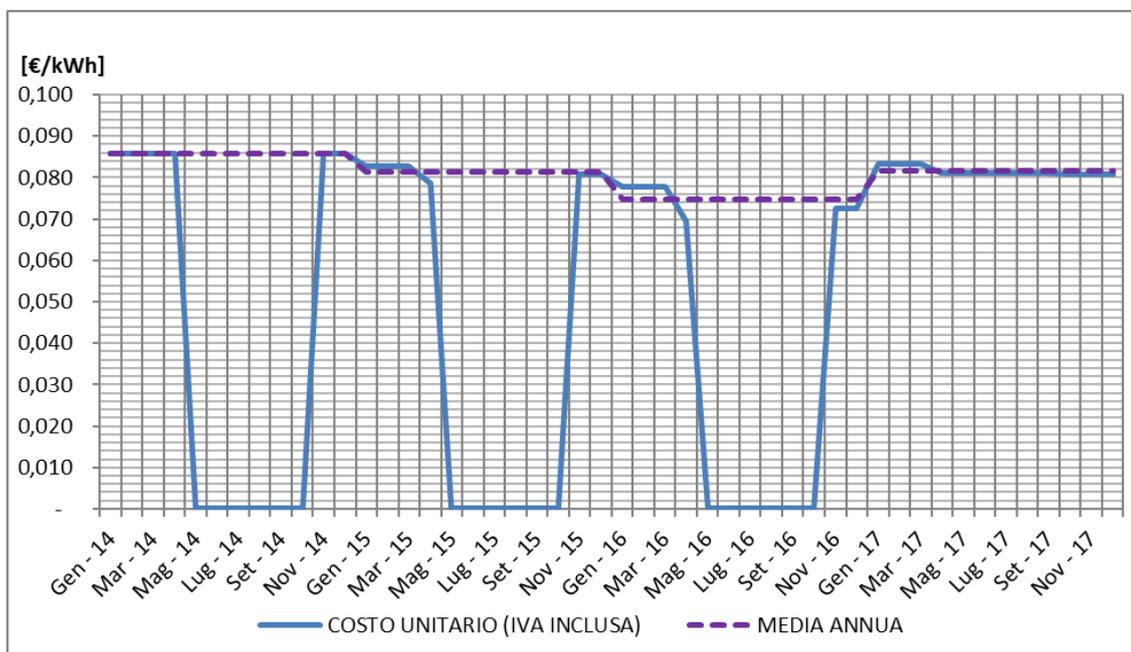
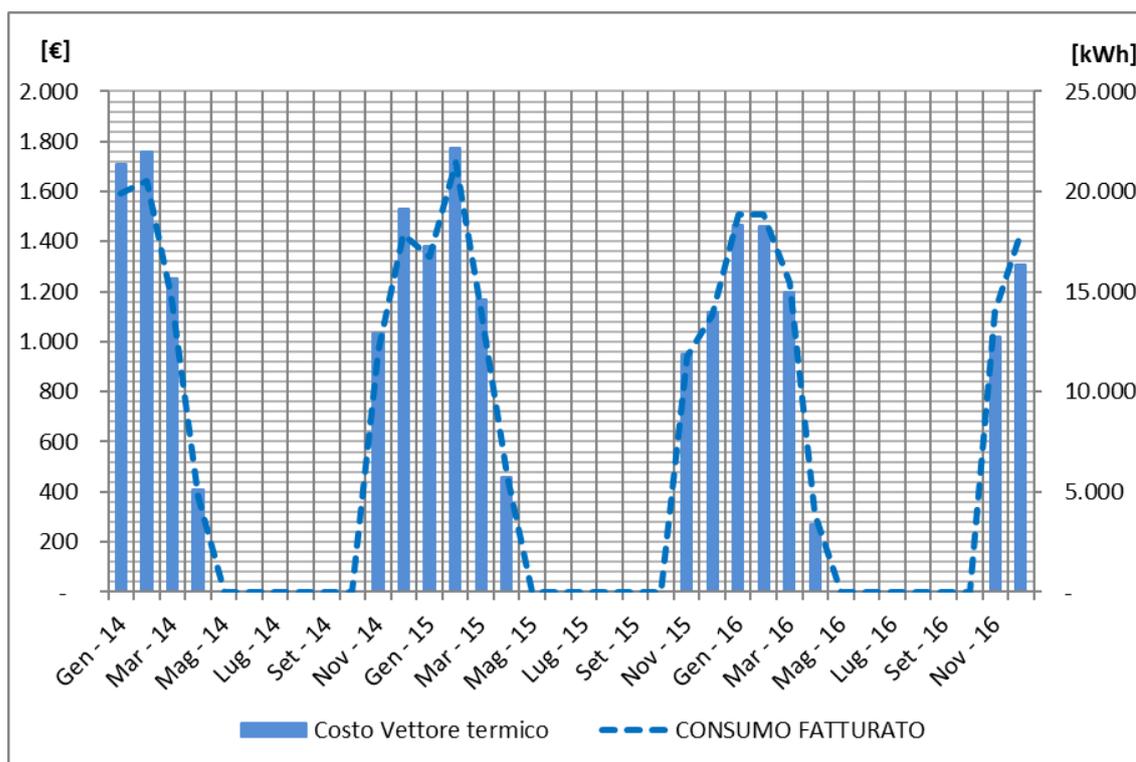


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Poiché la fornitura di gas metano è gestita tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, i costi mensili sono stati calcolati come prodotto tra il consumo mensile ipotizzato e il costo unitario del vettore termico nel periodo di riferimento. Risulta perciò conseguente la corrispondenza tra costi e consumi fatturati e tra costi unitari e media annua.

Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per un POD presente all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097159: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È 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 elettrico per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00097159 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|--------------------|--|--|
| Indirizzo di fornitura – Via Piero Pinetti 68, 16142 Genova (GE) | | | |
| Dati di intestazione fattura | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova |
| Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3) | Edison Energia spa | (1): Edison Energia spa (2): Gala spa | (2): Gala spa (3): Iren Mercato spa |
| Inizio periodo fornitura | 01/01/2013 | (1): 01/01/2014 (2): 01/04/2015 | (2): 01/04/2015 (3): 01/01/2016 |
| Fine periodo fornitura | 31/03/2015 | (1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016 | (2): 31/03/2016 |
| Potenza elettrica impegnata | 10 kW | 10 kW | 10 kW |

| | | | |
|--|------------------------------|---|---|
| Potenza elettrica disponibile | 11 kW | 11 kW | 11 kW |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT (escluso IP) | (1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP EE12 – Lotto 2 | (2): CONSIP EE12 – Lotto 2 (3): CONSIP13 VERDE - L0390 |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁾ | Non disponibile | Non disponibile | Non disponibile |
| Prezzi del forniture dell'energia elettrica (IVA INCLUSA) ⁽²⁾ | 0,073 | (1): 0,070 (2): 0,040 | (2): 0,034 (3): 0,099 |

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): 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.

Nella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

| POD: IT001E00097159 | QUOTA ENERGIA VENDITA | ONERI DI DISPACCIAMENTO | SERIVZI DI RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|------------|------------|--------------|-------------------|------------------------------|
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen – 14 | 50 | 8 | 95 | 9 | 16 | 178 | 1.607 | 0,111 |
| Feb – 14 | 122 | 20 | 156 | 19 | 32 | 349 | 1.521 | 0,229 |
| Mar – 14 | 128 | 21 | 162 | 20 | 33 | 364 | 1.601 | 0,227 |
| Apr – 14 | 100 | 22 | 140 | 16 | 28 | 306 | 1.261 | 0,242 |
| Mag – 14 | 90 | 19 | 129 | 14 | 25 | 278 | 1.129 | 0,246 |
| Giu – 14 | 44 | 10 | 80 | 7 | 14 | 155 | 570 | 0,272 |
| Lug – 14 | - | - | - | - | 93 | 93 | 386 | 0,240 |
| Ago – 14 | 17 | 4 | 61 | 3 | 8 | 93 | 243 | 0,384 |
| Set – 14 | 60 | 12 | 102 | 10 | 18 | 203 | 774 | 0,262 |
| Ott – 14 | 87 | 16 | 131 | 14 | 25 | 274 | 1.116 | 0,245 |
| Nov – 14 | 87 | 17 | 133 | 14 | 25 | 275 | 1.132 | 0,243 |
| Dic – 14 | 93 | 18 | 141 | 15 | 27 | 294 | 1.232 | 0,238 |
| Totale | 877 | 167 | 1.331 | 141 | 344 | 2.860 | 12.572 | 0,228 |
| POD: IT001E00097159 | QUOTA ENERGIA VENDITA | ONERI DI DISPACCIAMENTO | SERIVZI DI RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen – 15 | 107 | 19 | 165 | 18 | 31 | 340 | 1.475 | 0,231 |
| Feb – 15 | 109 | 21 | 171 | 19 | 32 | 353 | 1.554 | 0,227 |
| Mar – 15 | 106 | 21 | 173 | 20 | 32 | 351 | 1.569 | 0,224 |
| Apr – 15 | 50 | 14 | 137 | 14 | 21 | 236 | 1.120 | 0,210 |
| Mag – 15 | 39 | 11 | 120 | 11 | 18 | 199 | 915 | 0,218 |
| Giu – 15 | 18 | 5 | 79 | 5 | 11 | 119 | 432 | 0,275 |
| Lug – 15 | 13 | 4 | 71 | 4 | 9 | 101 | 326 | 0,310 |
| Ago – 15 | 6 | 1 | 55 | 2 | 6 | 70 | 131 | 0,532 |
| Set – 15 | 22 | 7 | 96 | 8 | 13 | 145 | 613 | 0,237 |
| Ott – 15 | 36 | 10 | 139 | 13 | 20 | 218 | 1.072 | 0,204 |
| Nov – 15 | 48 | 11 | 169 | 18 | 25 | 270 | 1.401 | 0,193 |
| Dic – 15 | 49 | - | 148 | 15 | 21 | 232 | 1.163 | 0,200 |
| Totale | 602 | 124 | 1.522 | 147 | 239 | 2.634 | 11.771 | 0,224 |
| POD: IT001E00097159 | QUOTA ENERGIA VENDITA | ONERI DI DISPACCIAMENTO | SERIVZI DI RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen – 16 | 40,80 | 14,63 | 148,79 | 16,06 | 22,03 | 242,31 | 1.285 | 0,19 |
| Feb – 16 | 42,67 | 17,41 | 166,46 | 18,71 | 24,53 | 269,78 | 1.497 | 0,18 |
| Mar – 16 | 52,46 | 14,45 | 147,73 | 15,90 | 23,05 | 253,59 | 1.272 | 0,20 |

| | | | | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|
| Apr – 16 | 35,43 | 15,91 | 122,66 | 12,11 | 18,61 | 204,72 | 969 | 0,21 |
| Mag – 16 | 41,57 | 16,87 | 127,49 | 12,84 | 19,88 | 218,65 | 1.027 | 0,21 |
| Giu – 16 | 16,87 | 6,36 | 74,11 | 4,84 | 10,22 | 112,40 | 387 | 0,29 |
| Lug – 16 | 12,55 | 5,36 | 62,40 | 3,09 | 8,34 | 91,74 | 247 | 0,37 |
| Ago – 16 | 5,01 | 2,61 | 51,83 | 1,50 | 6,10 | 67,05 | 120 | 0,56 |
| Set – 16 | 30,30 | 12,63 | 90,40 | 7,29 | 14,06 | 154,68 | 583 | 0,27 |
| Ott – 16 | 64,99 | 15,92 | 124,83 | 12,54 | 21,83 | 240,11 | 987 | 0,24 |
| Nov – 16 | 89,38 | 19,06 | 142,49 | 14,96 | 26,59 | 292,48 | 1.197 | 0,24 |
| Dic – 16 | 79,19 | 17,66 | 136,43 | 14,06 | 24,73 | 272,07 | 1.125 | 0,24 |
| Totale | 511,22 | 158,87 | 1.395,62 | 133,90 | 219,96 | 2.419,57 | 10.696 | 0,23 |

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 dall'AEEGSI.

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

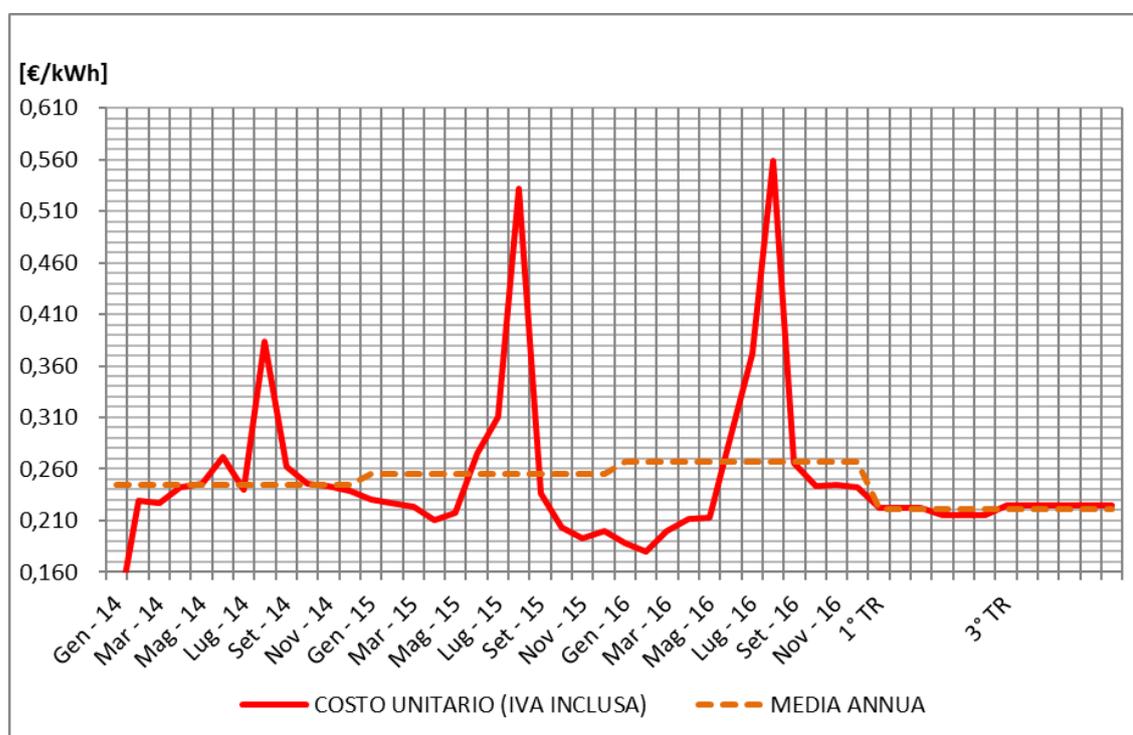
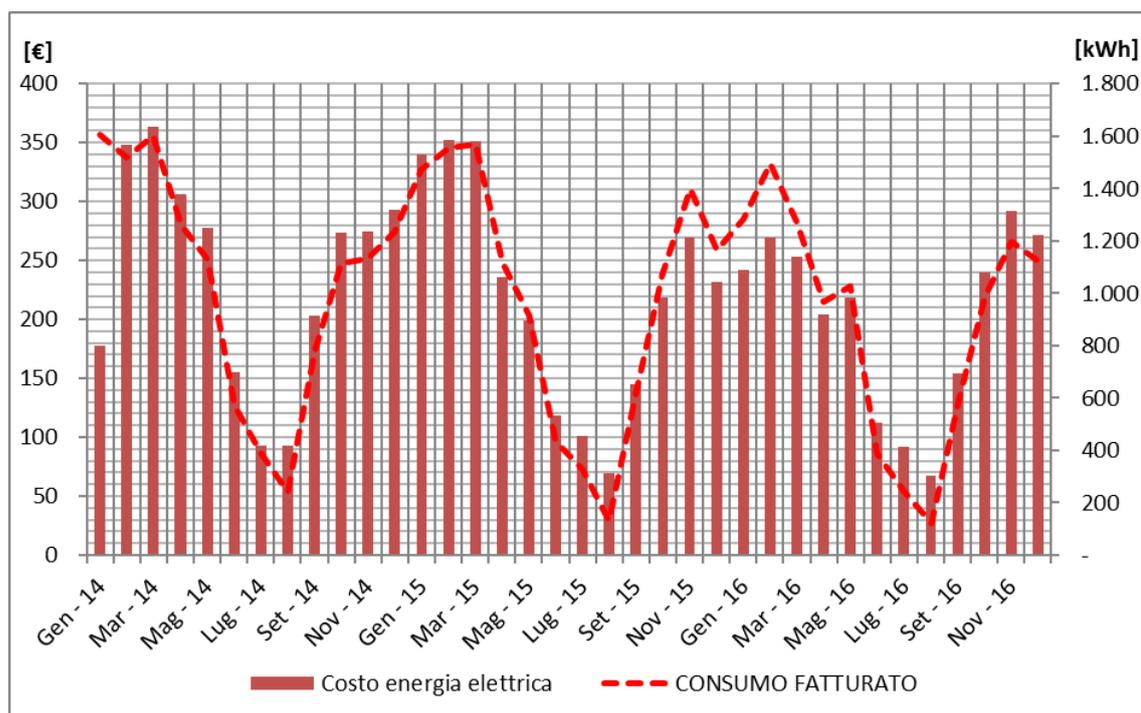


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sia sinusoidale con valori più bassi durante il periodo estivo. L’andamento del costo unitario presenta picchi anomali nella seconda metà del 2016, probabilmente dovuti al pagamento di conguagli riferiti a consumi precedenti.

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 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO | VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | TOTALE |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [€] |
| 2014 | 89.670 | 7.687 | 0,086 | 12.572 | 2.860 | 0,228 | 92.529,57 |
| 2015 | 83.740 | 6.850 | 0,082 | 11.771 | 2.634 | 0,224 | 86.373,88 |
| 2016 | 89.047 | 6.722 | 0,075 | 10.696 | 2.419,57 | 0,23 | 9.141,73 |
| Media | 87.486 | 7.086 | 0,081 | 11.680 | 2.638,07 | 0,23 | 9.724,45 |

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione | | Valore | U.M. |
|---------------------------------------|--|------------------|---------------|
| Costo unitario dell’energia termica | Valore relativo all’ultimo anno a disposizione | Cu _Q | 0,082 [€/kWh] |
| Costo unitario dell’energia elettrica | Valore relativo all’ultimo anno a disposizione | Cu _{EE} | 0,222 [€/kWh] |

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:

- L1-042-037: 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.

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C_M 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 7.5.

Tabella 7.5 – 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} 7.080 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | C_{MS} 1.882 | [€/anno] |

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:

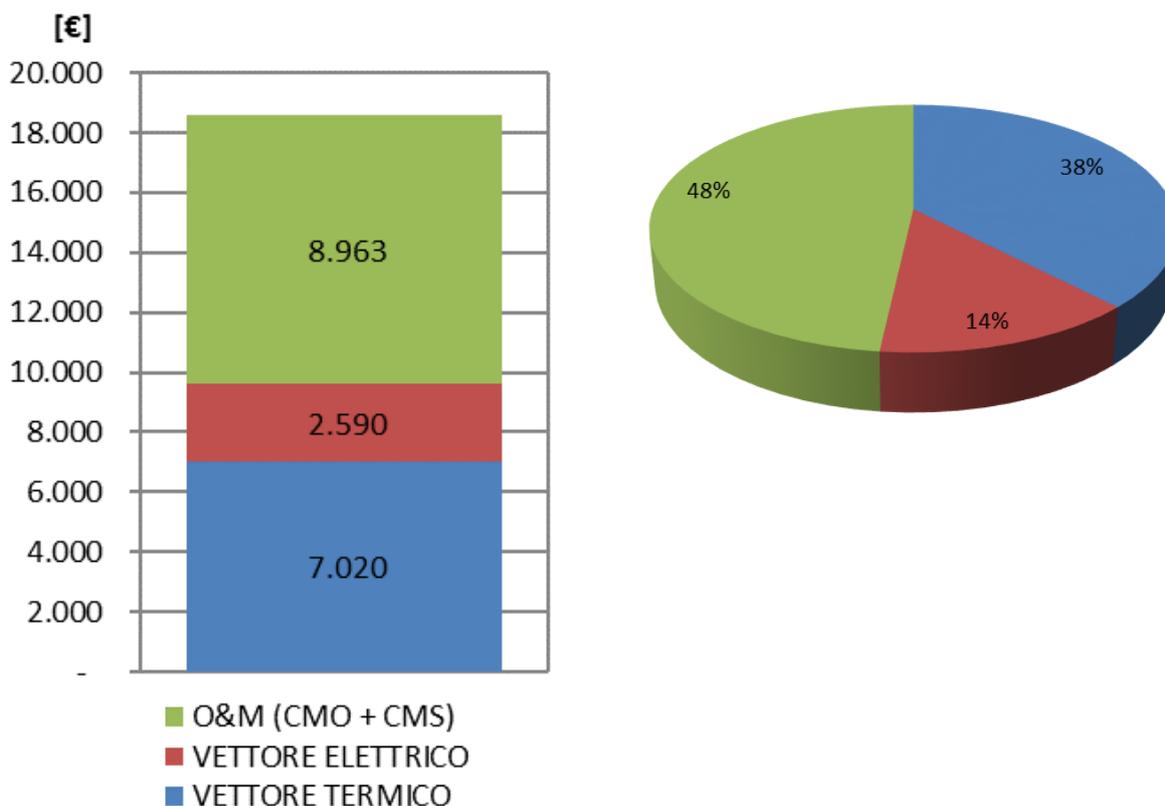
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 9.610,73 € e un $C_{baseline}$ pari a 18.573,34 €

Tabella 7.6 – Valori di costo individuati per il calcolo della 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} | $C_Q + C_{EE} + C_M$ |
| [kWh] | [€/kWh] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] |
| 85.272 | 0,082 | 7.020 | 11.680 | 0,222 | 2.590 | 8.963 | 7.080 | 1.882 | 18.573 |

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento delle pareti esterne lato interno

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle pareti esterne. Poiché l'edificio risale alla fine del 1800 e presenta alcuni elementi architettonici decorativi sul lato della facciata principale, si propone di operare lato interno.

Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno, e la presenza dei terminali di emissione (radiatori) e mobili disposti perimetralmente.

L'applicazione di un "cappotto" alle pareti esterne, porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del comfort termico, dato dalla minore influenza dei parametri esterni sulle condizioni di benessere termo-igrometrico.

Figura 8.1 - Pareti esterne di un'aula scolastica [viste internamente]



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali è pari a 0,26 W/m²K. Attualmente la muratura in mattoni pieni, di spessore variabile compreso tra 10 e 75 cm, ha un valore di trasmittanza medio stimato a ca. 1,59 W/m²K. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia (EPS, λ=0,037 W/mK). Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di 0,25 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

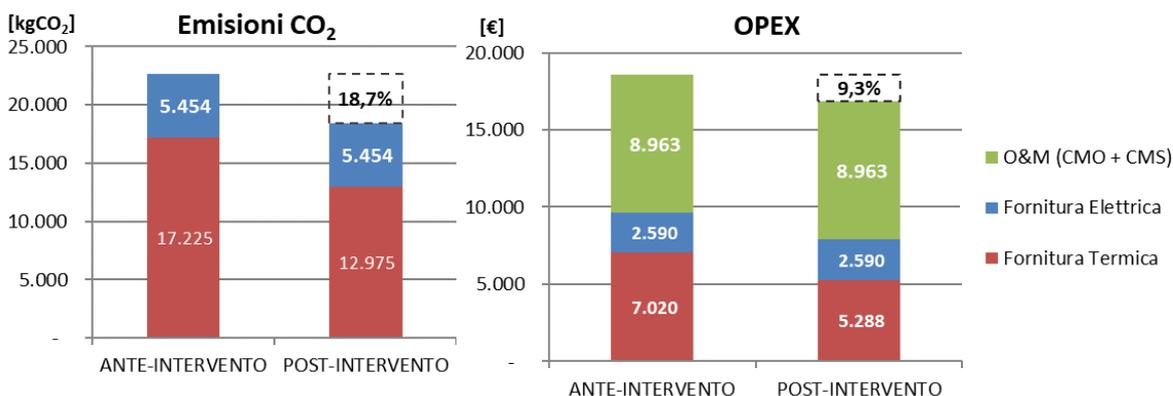
| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|----------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM 1 - Trasmittanza parete | W/m ² K | 1,59 | 0,25 | 84,3% |
| Q _{teorico} | kWh | 83.717 | 63.060 | 24,7% |
| EE _{teorico} | kWh | 11.717 | 11.717 | 0,0% |

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| $Q_{baseline}$ | kWh | 85.272 | 64.231 | 24,7% |
| $EE_{Baseline}$ | kWh | 12.163 | 12.163 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | kgCO ₂ | 17.225 | 12.975 | 24,7% |
| Emiss. CO2 Elettrico | kgCO ₂ | 5.680 | 5.680 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | kgCO₂ | 22.905 | 18.655 | 18,6% |
| Fornitura Termica, C_Q | € | 7.020 | 5.288 | 24,7% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | € | 2.786 | 2.786 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | € | 9.807 | 8.074 | 17,7% |
| C_{MO} | € | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| C_{MS} | € | 1.882 | 1.882 | 0,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | € | 8.963 | 8.963 | 0,0% |
| OPEX | € | 18.769 | 17.037 | 9,2% |
| Classe energetica | - | E | D | +1 classe |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

Figura 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



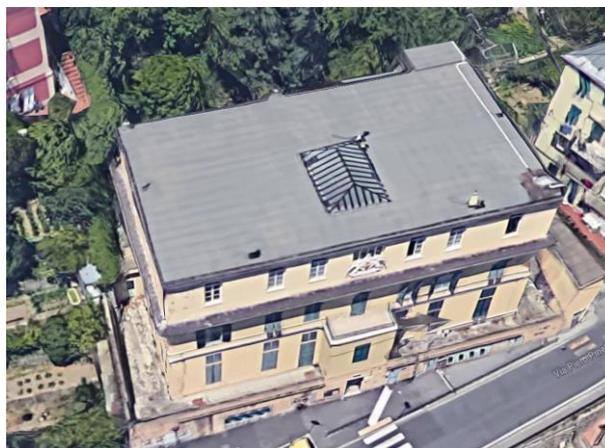
EEM2: Isolamento della copertura

Generalità

La misura prevede l'isolamento della copertura piana lato esterno. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L'isolamento della copertura porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale, dato dalla limitazione del flusso di calore ascendente disperso, e ad un miglioramento del comfort termico, dato dalla minore influenza dei parametri esterni sulle condizioni di benessere termo-igrometrico.

Figura 8.3 - Vista della copertura piana



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali (coperture) è pari a $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Attualmente la copertura piana è costituita principalmente da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile; questa copertura si estende su quasi tutto l'ultimo piano tranne sul vano scale principale, su cui si apre un lucernario. La copertura piana ha un valore di trasmittanza stimato a ca. $1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'intervento per l'isolamento della copertura piana prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia ($\lambda=0,037 \text{ W/mK}$). Lo spessore scelto consente al pacchetto di raggiungere una trasmittanza medio di $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura

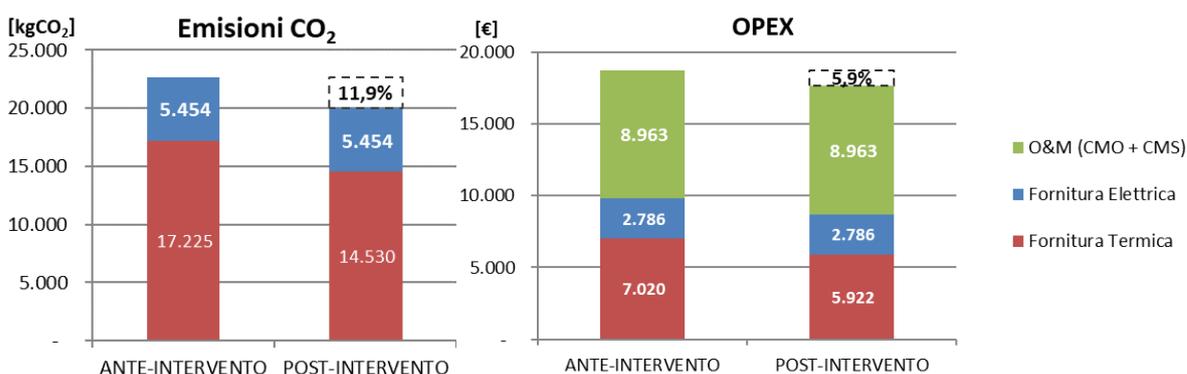
| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM2 - Trasmittanza copertura | $\text{W/m}^2\text{K}$ | 1,65 | 0,2 | 87,9% |
| Q_{teorico} | kWh | 83.717 | 70.618 | 15,6% |
| EE_{teorico} | kWh | 11.717 | 11.717 | 0,0% |
| Q_{baseline} | kWh | 85.272 | 71.929 | 15,6% |
| EE_{Baseline} | kWh | 11.680 | 11.680 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | kgCO_2 | 17.225 | 14.530 | 15,6% |
| Emiss. CO2 Elettrico | kgCO_2 | 5.454 | 5.454 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | kgCO_2 | 22.679 | 19.984 | 11,9% |
| Fornitura Termica, C_Q | € | 7.020 | 5.922 | 15,6% |

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | € | 2.590 | 2.590 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | € | 9.611 | 8.512 | 11,4% |
| C _{MO} | € | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| C _{MS} | € | 1.882 | 1.882 | 0,0% |
| O&M (C_{MO} + C_{MS}) | € | 8.963 | 8.963 | 0,0% |
| OPEX | € | 18.573 | 17.475 | 5,9% |
| Classe energetica | - | E | E | +0 classi |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi più obsoleti dell'edificio. Al fine di preservare l'aspetto originario dell'esterno dell'edificio, i nuovi infissi saranno caratterizzati da telaio in legno, con caratteristiche estetiche simili agli infissi originali.

Limitazioni a tale intervento potrebbero essere il valore storico-artistico delle facciate dell'edificio e l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione degli infissi porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del comfort termico, dato dalla minore influenza dei parametri esterni sulle condizioni di benessere termo-igrometrico.

Si prevede anche l'installazione delle valvole termostatiche per l'ottenimento degli incentivi previsti dal c.d. "Conto Termico 2.0".

Figura 8.5 - Particolare di un infisso



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti è pari a 1,67 W/m²K. Attualmente gli infissi più obsoleti si trovano al secondo piano dell'edificio, sono infissi con telaio in legno e vetro singolo e si trovano in cattivo stato di manutenzione. Al primo e terzo piano, invece, gli infissi originali sono già stati sostituiti con finestre con telaio in PVC e vetro doppio. Gli infissi con vetro singolo e telaio in legno hanno una trasmittanza media stimata pari a ca. 4,13 W/m²K. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,34 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella tabella 8.3.

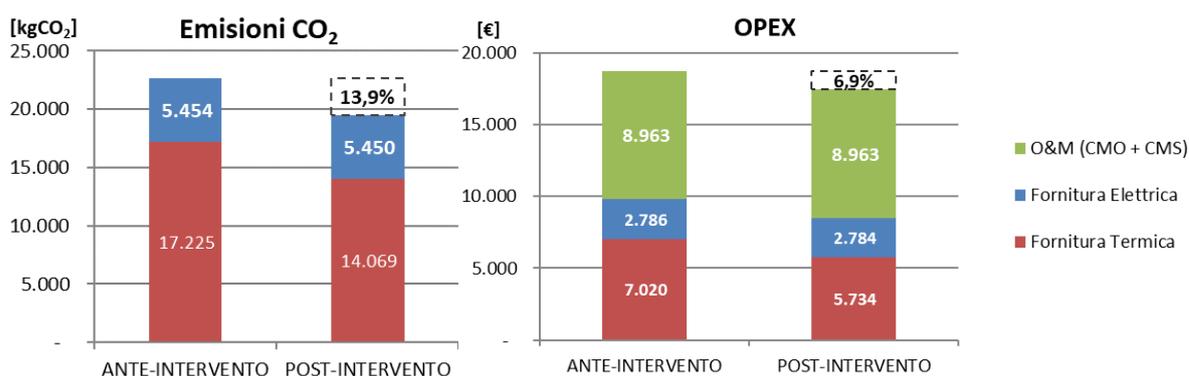
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione degli infissi

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM3 - Trasmittanza media infissi | W/m ² K | 4,13 | 1,34 | 67,6% |
| Q _{teorico} | kWh | 83.717 | 68.377 | 18,3% |
| EE _{teorico} | kWh | 11.717 | 11.708 | 0,1% |
| Q _{baseline} | kWh | 85.272 | 69.647 | 18,3% |
| EE _{Baseline} | kWh | 11.680 | 11.670 | 0,1% |
| Emiss. CO2 Termico | kgCO ₂ | 17.225 | 14.069 | 18,3% |
| Emiss. CO2 Elettrico | kgCO ₂ | 5.454 | 5.450 | 0,1% |
| Emiss. CO2 TOT | kgCO₂ | 22.679 | 19.519 | 13,9% |
| Fornitura Termica, C _Q | € | 7.020 | 5.734 | 18,3% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | € | 2.590 | 2.588 | 0,1% |
| Fornitura Energia, C_E | € | 9.611 | 8.322 | 13,4% |
| C _{MO} | € | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| C _{MS} | € | 1.882 | 1.882 | 0,0% |
| O&M (C_{MO} + C_{MS}) | € | 8.963 | 8.963 | 0,0% |
| OPEX | € | 18.573 | 17.285 | 6,9% |
| Classe energetica | - | E | E | +0 classi |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto di riscaldamento

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore di calore e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica nel periodo da Novembre ad Aprile.

La sostituzione della caldaia e l'installazione di valvole termostatiche porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del comfort termico.

Figura 8.7 - Particolare del generatore di calore



Figura 8.8 - Particolare di un radiatore



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da una caldaia standard a basamento con rendimento compreso tra l'87 e il 91% mentre l'impianto di regolazione è costituito da una centralina di controllo con dispositivo per la telegestione collegato ad una sonda climatica; il rendimento di regolazione è calcolato pari al 96%. I terminali di emissione nelle aule scolastiche, nei corridoi e nella palestra sono costituiti da radiatori senza valvole termostatiche.

Quindi l'attuale sistema non riesce infatti a sfruttare gli apporti gratuiti e genera una distribuzione non uniforme delle temperature interne, con un surriscaldamento degli ambienti esposti a sud e/o ai piani intermedi. L'installazione di valvole termostatiche consentirà un'ottimizzazione dell'impianto che immetterà il calore solo dove richiesto per il raggiungimento della temperatura di set point, con notevole risparmio in termini di energia, senza trascurare il maggior comfort degli utenti.

La nuova tipologia di impianto termico ha un rendimento termico utile superiore al 98%, maggiore del limite previsto dalla legislazione vigente.

Potrebbe essere opportuno sostituire i radiatori in ghisa più obsoleti, i quali si trovano in uno stato di conservazione visibilmente problematico. Tale intervento non verrà considerato nelle analisi seguenti, poiché non porta ad un risparmio energetico significativo, ma incide maggiormente sulla sicurezza degli occupanti.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere annualmente per tutta la vita utile del prodotto installato.

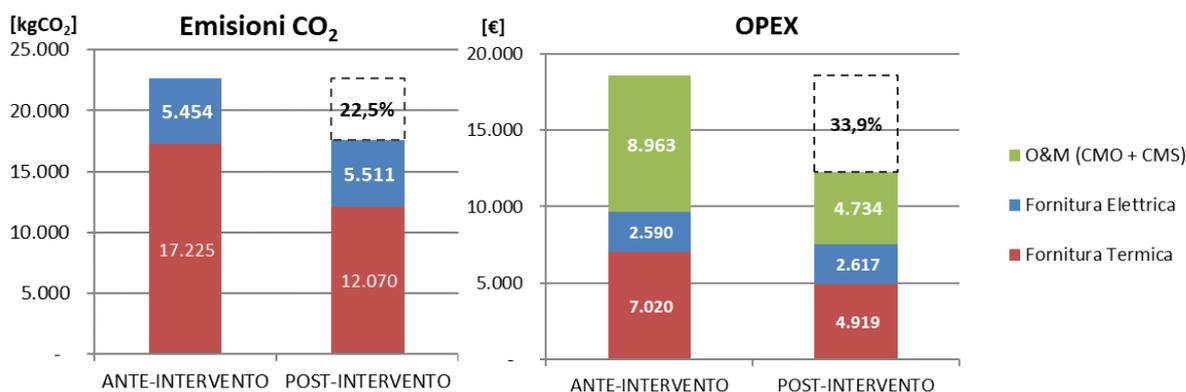
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | AUMENTO DAL BASELINEE |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| EM4 - Rendimento generazione di calore | % | 90 | 104 | 15,6% |
| $Q_{teorico}$ | kWh | 83.717 | 58.662 | 29,9% |
| $EE_{teorico}$ | kWh | 11.717 | 11.839 | -1,0% |
| $Q_{baseline}$ | kWh | 85.272 | 59.752 | 29,9% |
| $EE_{baseline}$ | kWh | 11.680 | 11.802 | -1,0% |
| Emiss. CO2 Termico | kgCO ₂ | 17.225 | 12.070 | 29,9% |
| Emiss. CO2 Elettrico | kgCO ₂ | 5.454 | 5.511 | -1,0% |
| Emiss. CO2 TOT | kgCO₂ | 22.679 | 17.581 | 22,5% |
| Fornitura Termica, C_Q | € | 7.020 | 4.919 | 29,9% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | € | 2.590 | 2.617 | -1,0% |
| Fornitura Energia, C_E | € | 9.611 | 7.537 | 21,6% |
| C_{MO} | € | 7.080 | 3.740 | 47,2% |
| C_{MS} | € | 1.882 | 994 | 47,2% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | € | 8.963 | 4.734 | 47,2% |
| OPEX | € | 18.573 | 12.270 | 33,9% |
| Classe energetica | - | E | D | +1 classe |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei corpi illuminanti con plafoniere aventi lampade led. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione dei corpi illuminanti porta al risparmio di energia elettrica e ad un miglioramento delle condizioni di lavoro visto che la potenza da installare a seguito del relamping non sarà superiore al 50% della potenza sostituita, rispettando al contempo i criteri illuminotecnici previsti dalla normativa vigente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di illuminazione è costituito principalmente da plafoniere con lampade a tubi fluorescenti.

L'intervento propone di sostituire tutti i corpi illuminanti con lampade a led con indice di resa cromatica maggiore di 80 per l'illuminazione degli ambienti interni e maggiore di 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne ed efficienza luminosa maggiore di 80 lm/W.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata saltuariamente durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

L'analisi è stata effettuata scegliendo, per ogni tipologia di lampada sostituita, un valore idoneo di potenza LED, nel rispetto della normativa sui livelli minimi di illuminamento nei luoghi di lavoro (norma UNI EN 12464) e dei requisiti tecnici dettati dal Conto Termico.

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella tabella 8.5.

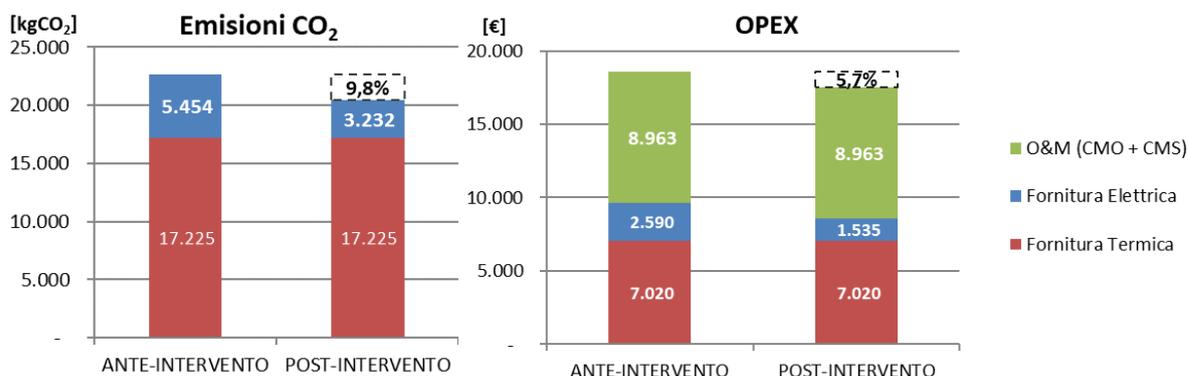
Figura 8.10 - Plafoniere a tubi fluorescenti



Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade LED

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM5 - Potenza totale nuove plafoniere con lampade led | W | 7.984 | 3.892 | 51,3% |
| Q _{teorico} | kWh | 83.717 | 83.717 | 0,0% |
| EE _{teorico} | kWh | 11.717 | 6.943 | 40,7% |
| Q _{baseline} | kWh | 85.272 | 85.272 | 0,0% |
| EE _{Baseline} | kWh | 11.680 | 6.921 | 40,7% |
| Emiss. CO2 Termico | kgCO ₂ | 17.225 | 17.225 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | kgCO ₂ | 5.454 | 3.232 | 40,7% |
| Emiss. CO2 TOT | kgCO₂ | 22.679 | 20.457 | 9,8% |
| Fornitura Termica, C _Q | € | 7.020 | 7.020 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | € | 2.590 | 1.535 | 40,7% |
| Fornitura Energia, C_E | € | 9.611 | 8.555 | 11,0% |
| C _{MO} | € | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| C _{MS} | € | 1.882 | 1.882 | 0,0% |
| O&M (C_{MO} + C_{MS}) | € | 8.963 | 8.963 | 0,0% |
| OPEX | € | 18.573 | 17.518 | 5,7% |
| Classe energetica | - | E | E | +1 classe |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.11 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l'installazione dell'impianto sulla copertura piana dell'edificio scolastico, la quale offre una superficie di circa 420 m². Si prevede di sfruttare la tecnologia al silicio cristallino, con pannelli solari di inclinazione pari a 35°, orientamento a Sud ed una potenza di picco installata di 5 kWp.

L'installazione di un impianto fotovoltaico porta al risparmio di energia elettrica e ad ulteriori ricavi economici visto che l'energia elettrica prodotta in surplus potrà essere immessa in rete tramite il sistema dello scambio sul posto grazie alla vendita dell'energia non autoconsumata.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 78% corrispondenti a 9.071 kWh/anno, con il sistema proposto verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 6.129 kWh/anno, di cui verrebbero autoconsumati sul posto circa 4.488 kWh/anno, in grado di coprire circa il 49% del consumo in F1. Si considera che l'energia elettrica autoconsumata non superi mai la richiesta da parte dell'utenza in fascia F1 per lo stesso mese esaminato.

La tematica andrà comunque approfondita tramite misurazioni, controlli e studi di fattibilità.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

La stima dei risparmi energetici conseguibili è stata condotta in base alla producibilità mensile dell'impianto proposto.

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella tabella 8.5.

Tabella 8.6 – Dati di produzione e di consumo dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico

| Mese | Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh) | Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh) | Energia autoconsumata (kWh) | Copertura (%) |
|---------------|---|--|-----------------------------|---------------|
| Gennaio | 1.123 | 276 | 276 | 25% |
| Febbraio | 1.252 | 386 | 386 | 31% |
| Marzo | 1.203 | 544 | 544 | 45% |
| Aprile | 893 | 583 | 583 | 65% |
| Maggio | 818 | 666 | 666 | 81% |
| Giugno | 311 | 680 | 311 | 100% |
| Luglio | 192 | 738 | 192 | 100% |
| Agosto | 51 | 685 | 51 | 100% |
| Settembre | 491 | 583 | 491 | 100% |
| Ottobre | 833 | 429 | 429 | 52% |
| Novembre | 985 | 298 | 298 | 30% |
| Dicembre | 919 | 261 | 261 | 28% |
| TOTALE | 9.071 | 6.129 | 4.488 | 49% |

Nota (1) I dati di produzione dell'energia elettrica dell'impianto fotovoltaico sono calcolati sulla base della località, la potenza installata, l'orientamento ed inclinazione; la fonte è <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe>

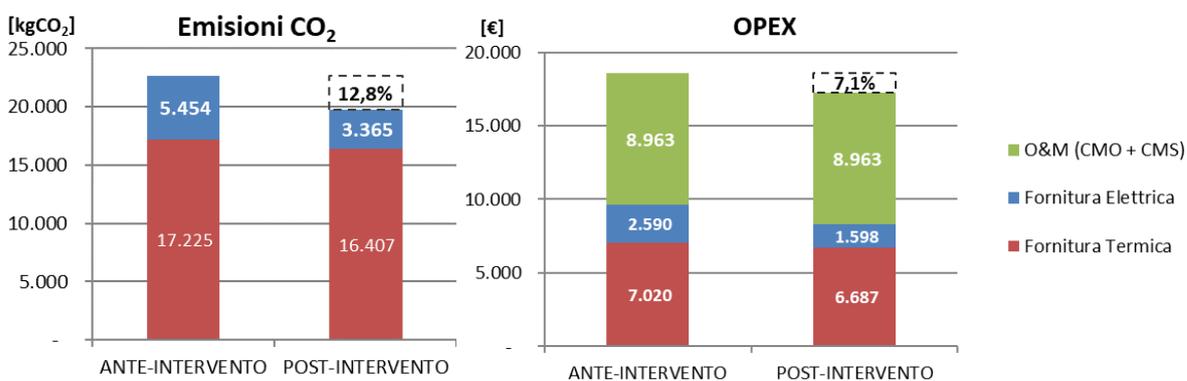
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | AUMENTO DAL BASELINE |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| EM6 - Potenza di picco dell'impianto fotovoltaico | W | - | 5.000 | 100,0% |
| Q _{teorico} | kWh | 83.717 | 79.743 | 4,7% |
| EE _{teorico} | kWh | 11.717 | 7.229 | 38,3% |
| Q _{baseline} | kWh | 85.272 | 81.224 | 4,7% |
| EE _{baseline} | kWh | 11.680 | 7.206 | 38,3% |
| Emiss. CO2 Termico | kgCO ₂ | 17.225 | 16.407 | 4,7% |
| Emiss. CO2 Elettrico | kgCO ₂ | 5.454 | 3.365 | 38,3% |
| Emiss. CO2 TOT | kgCO₂ | 22.679 | 19.772 | 12,8% |

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | AUMENTO DAL BASELINE |
|--|------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Fornitura Termica, C _Q | € | 7.020 | 6.687 | 4,7% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | € | 2.590 | 1.598 | 38,3% |
| Fornitura Energia, C_E | € | 9.611 | 8.285 | 13,8% |
| C _{MO} | € | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| C _{MS} | € | 1.882 | 1.882 | 0,0% |
| O&M (C_{MO} + C_{MS}) | € | 8.963 | 8.963 | 0,0% |
| OPEX | € | 18.573 | 17.248 | 7,1% |
| Classe energetica | - | E | E | +0 classi |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.12 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1 che consiste nell'isolamento delle pareti esterne.

L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 cm per le pareti esterne fino a 60 cm di spessore e uno strato di isolante di 10 cm per la pareti di spessore superiore a 60 cm. Tali caratteristiche permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA AL 22% [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|---|---|----------|-------------------|---|--|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Fornitura materiale isolante | PR.A17.Y04.010 | 7.790,00 | m ² cm | 2,00 | 1,82 | 14.163,64 | 3.116,00 | 17.279,64 |
| Posa in opera materiale isolante | 25.A44.A30.010 | 655,00 | m ² | 6,68 | 6,07 | 3.977,64 | 875,08 | 4.852,72 |
| Malta premiscelata | PR.A02.A20.600 | 655,00 | kg | 0,82 | 0,75 | 488,27 | 107,42 | 595,69 |
| Collante cementizio per murature | PR.A02.A25.010 | 327,50 | kg | 0,49 | 0,45 | 145,89 | 32,10 | 177,98 |
| Preparazione muratura interna | 25.A05.E10.020 | 655,00 | m ² | 7,03 | 6,39 | 4.186,05 | 920,93 | 5.106,98 |
| Impalcature per interni | 95.B10.S10.020 | 655,00 | m ² | 21,17 | 19,25 | 12.605,77 | 2.773,27 | 15.379,04 |
| Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro | 25.A54.B40.010 | 655,00 | m ² | 23,79 | 21,63 | 14.165,86 | 3.116,49 | 17.282,35 |
| Posa in opera intonaco per interni | 20.A54.B10.010 | 655,00 | m ² | 4,80 | 4,36 | 2.858,18 | 628,80 | 3.486,98 |
| Costi per la sicurezza | | 3 | % | | | 1.577,74 | 347,10 | 1.924,84 |
| Costi per la progettazione | | 7 | % | | | 3.681,39 | 809,91 | 4.491,30 |
| TOTALE (I₀) | | | | | | 57.850,43 | 12.727,09 | 70.577,52 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | 20.960,00 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | 4.192,00 |
| FONTE PREZZO UTILIZZATO | Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera gli 80 €/m ² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie da isolare per 80. | | | | | | | |

EEM2: Isolamento della copertura

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

L'analisi dei costi tiene conto dell'applicazione di uno strato di isolante di 15 cm al fine garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento della copertura

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA AL 22% [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|--|---|----------|-------------------|---|--|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Fornitura materiale isolante | PR.A17.Y04.010 | 6.525,00 | m ² cm | 2,00 | 1,82 | 11.863,64 | 2.610,00 | 14.473,64 |
| Posa in opera materiale isolante | 25.A44.A50.010 | 435,00 | m ² | 6,68 | 6,07 | 2.641,64 | 581,16 | 3.222,80 |
| Preparazione muratura | 25.A05.C10.010 | 435,00 | m ² | 6,88 | 6,25 | 2.720,73 | 598,56 | 3.319,29 |
| Posa in opera materiale impermeabilizzante | 03.P10.B01.005 ⁽¹⁾ | 435,00 | m ² | 15,35 | 13,95 | 6.070,23 | 1.335,45 | 7.405,68 |
| Membrana elastoplastomerica | PR.A18.A25.030 | 435,00 | m ² | 5,67 | 5,15 | 2.242,23 | 493,29 | 2.735,52 |
| Costi per la sicurezza | | 3 | % | | | 766,15 | 168,55 | 934,71 |
| Costi per la progettazione | | 7 | % | | | 1.787,69 | 393,29 | 2.180,98 |
| TOTALE (I₀) | | | | | | 28.092,30 | 6.180,31 | 34.272,61 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | 13.709,04 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | 2.741,81 |
| FONTE PREZZO UTILIZZATO | Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 200 €/m ² . | | | | | | | |

EEM3: Sostituzione infissi

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La nuova tipologia di infissi sarà con telaio in legno tenero e vetro doppio 4-20-4 basso emissivo e permette di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA AL 22% [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|-------------------------------------|-------------------------|----------|----------------|---|--|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Smontaggio vecchi serramenti | 25.A05.H01.120 | 66,00 | m ² | 72,30 | 65,73 | 4.338,00 | 954,36 | 5.292,36 |
| Fornitura serramenti | PR.A23.A30.010 | 66,00 | m ² | 328,90 | 299,00 | 19.734,00 | 4.341,48 | 24.075,48 |
| Fornitura controtelaio | PR.A23.B10.020 | 32,50 | m | 7,59 | 6,90 | 224,22 | 49,33 | 273,55 |
| Trasporto materiale | 25.A15.C10.020 | 9,90 | m ³ | 11,77 | 10,70 | 105,93 | 23,30 | 129,23 |
| Installazione valvole termostatiche | PR.C17.A15.010 | 44,00 | cad | 35,42 | 32,20 | 1.416,80 | 311,70 | 1.728,50 |
| Costi per la sicurezza | | 3 | % | | | 774,57 | 170,41 | 944,97 |
| Costi per la | | 7 | % | | | 1.807,33 | 397,61 | 2.204,94 |

| | | | | |
|--------------------------------|--|------------------|-----------------|------------------|
| progettazione | | | | |
| TOTALE (I₀) | | 28.400,85 | 6.248,19 | 34.649,04 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | 11.880,00 |
| Durata incentivi | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | 2.376,00 |
| FONTE PREZZO UTILIZZATO | Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO . Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 450 €/m ² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie finestrata da sostituire per 450. | | | |

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nelle Tabelle 9.4 e 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

La nuova caldaia a condensazione e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA AL 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------------|--|----------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [€] | [€] |
| Rimozione caldaia esistente | CCIAA RE ⁽¹⁾ | 1 | cad | 1.426,90 | 1.297,18 | 1.297,18 | 285,38 | 1.582,56 |
| Installazione nuova caldaia | PR.C76.B10.015 | 1 | cad | 10.151,63 | 9.228,75 | 9.228,75 | 2.030,33 | 11.259,08 |
| Canna fumaria | PR.C84.C05.500 | 1 | cad | 165,72 | 150,65 | 150,65 | 33,14 | 183,80 |
| Installazione nuovo bruciatore | 40.C10.B10.120 | 1 | cad | 392,78 | 357,07 | 357,07 | 78,56 | 435,63 |
| Accessori per l'impianto | PR.C76.A30.020 | 15 | cad | 21,13 | 19,21 | 288,14 | 63,39 | 351,53 |
| | PR.C76.A30.015 | 1 | cad | 28,46 | 25,87 | 25,87 | 5,69 | 31,56 |
| | 40.F10.H10.030 | 1 | cad | 120,60 | 109,64 | 109,64 | 24,12 | 133,76 |
| | 40.F10.H10.040 | 1 | cad | 29,71 | 27,01 | 27,01 | 5,94 | 32,95 |
| Termoregolazione | PR.C74.C10.010 | 1 | cad | 146,74 | 133,40 | 133,40 | 29,35 | 162,75 |
| | PR.C74.E05.030 | 1 | cad | 76,47 | 69,52 | 69,52 | 15,29 | 84,81 |
| Manodopera | RU.M01.A01.030 | 15 | h | 34,41 | 31,28 | 469,23 | 103,23 | 572,46 |
| Impianti elettrici | RU.M01.E01.020 | 40 | h | 31,88 | 28,98 | 1.159,27 | 255,04 | 1.414,31 |
| Trasporto materiali | 20.A15.B10.015 | 100 | m ³ km | 4,72 | 4,29 | 429,09 | 94,40 | 523,49 |
| Installazione valvole termostatiche | PR.C17.A15.010 | 44 | cad | 35,42 | 32,20 | 1.416,80 | 311,70 | 1.728,50 |
| Costi per la sicurezza | | 3 | % | | | 454,85 | 100,07 | 554,92 |
| Costi per la progettazione | | 7 | % | | | 1.061,31 | 233,49 | 1.294,80 |
| TOTALE (I₀) | | | | | | 16.677,79 | 3.669,11 | 20.346,90 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | 8.138,76 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | 1.627,75 |
| FONTE PREZZO UTILIZZATO | Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Camera di Commercio di Reggio Emilia. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al kWt di potenza utile complessiva dell'impianto termico non supera i 130 €/kWt. | | | | | | | |

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nella tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

Le nuove plafoniere con lampade led permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA AL 22% [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|--|--|----------|------|---|--|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Fornitura e installazione lampade LED – 22 W | 043084f ⁽¹⁾ | 138 | cad | 16,91 | 15,37 | 2.121,44 | 466,72 | 2.588,15 |
| Fornitura e installazione lampade LED – 25 W | 043084g ⁽¹⁾ | 40 | cad | 20,15 | 18,32 | 732,73 | 161,20 | 893,93 |
| Rimozione vecchi corpi illuminanti | 1E.02.070.0020 ⁽²⁾ | 178 | cad | 5,73 | 5,21 | 927,22 | 203,99 | 1.131,21 |
| Costi per la sicurezza | | 3 | % | | | 113,44 | 24,96 | 138,40 |
| Costi per la progettazione | | 7 | % | | | 264,70 | 58,23 | 322,93 |
| TOTALE (I₀) | | | | | | 4.159,52 | 915,09 | 5.074,61 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | 2.029,85 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | 405,97 |
| FONTE PREZZO UTILIZZATO | Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario Dei. Imp. Ele. 2017 Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie utile calpestabile dell'edificio soggetta all'intervento non supera i 35 €/m ² . | | | | | | | |

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

L'intervento proposto non rientra tra quelli elencati all'art.7 del DM 16/02/16 (Nuovo Conto Termico); quindi non esiste la possibilità di accedere a meccanismi incentivanti.

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA AL 22% [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|--|-------------------------------|----------|------|---|--|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Fornitura impianto fotovoltaico "Chiavi in mano" | 1E.17.010.0010 ⁽¹⁾ | 5 | kWp | 3.105,42 | 2.823,11 | 14.115,55 | 3.105,42 | 17.220,97 |
| Costi per la sicurezza | | 3 | % | | | 423,47 | 93,16 | 516,63 |
| Costi per la progettazione | | 7 | % | | | 988,09 | 217,38 | 1.205,47 |
| TOTALE (I₀) | | | | | | 15.527,10 | 3.415,96 | 18.943,06 |
| Incentivi | | | | | | | | - |
| Durata incentivi | | | | | | | | - |
| Incentivo annuo | | | | | | | | - |

| | |
|--------------------------------|--|
| FONTE PREZZO UTILIZZATO | <p>Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano.</p> <p>Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO.</p> |
|--------------------------------|--|

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.

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento delle pareti esterne

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 87.835 |
| 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 | 26.080 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 1 |
| Tasso di attualizzazione | i | % | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 41,5 | 28,7 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 63,5 | 40,0 |
| Valore attuale netto | VAN | - 47.751 | - 22.675 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -2,4% | 0,1% |
| Indice di profitto | IP | -0,54 | -0,26 |

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

Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

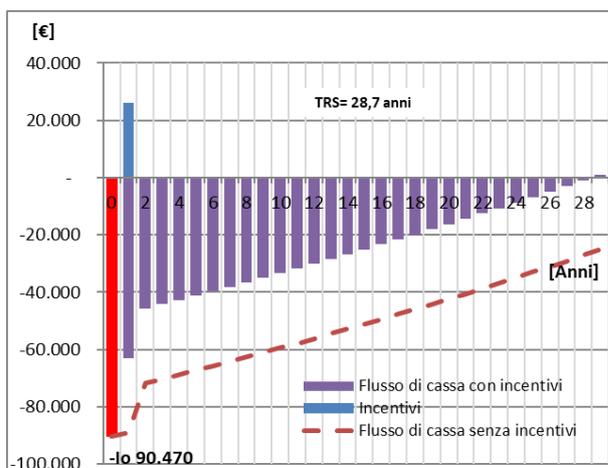
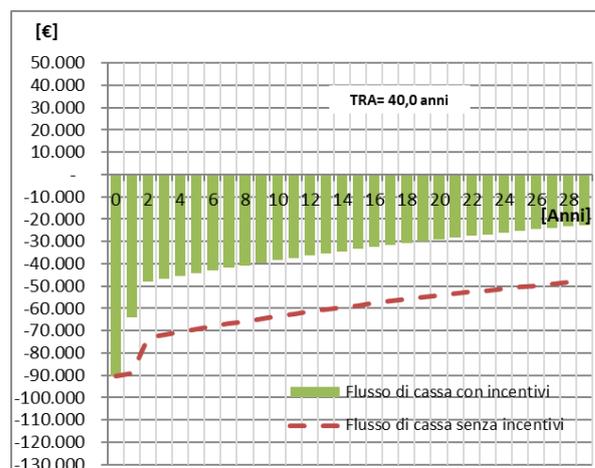


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò è dovuto all’alto costo di investimento iniziale per sostenere l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’involucro consigliamo di valutare preventivamente l’isolamento delle pareti esterne, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM2: Isolamento della copertura

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 – Isolamento della copertura

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 34.273 |
| 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 | 13.709 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 1 |
| Tasso di attualizzazione | i | % | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 27,2 | 15,7 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 45,0 | 25,9 |
| Valore attuale netto | VAN | - 11.783 | 1.398 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 0,5% | 4,6% |
| Indice di profitto | IP | -0,34 | 0,04 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.3 e Figura 9.4.

Figura 9.3 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

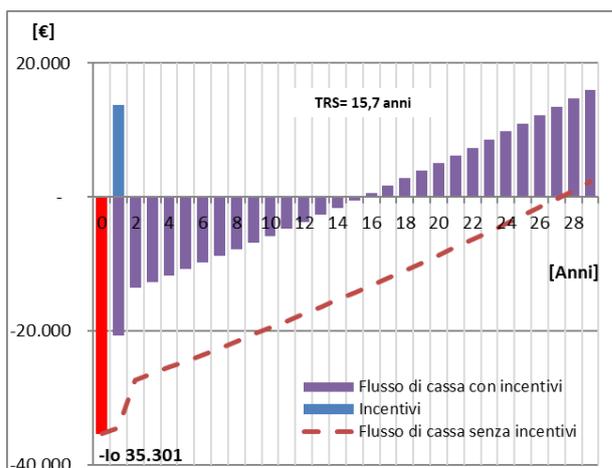
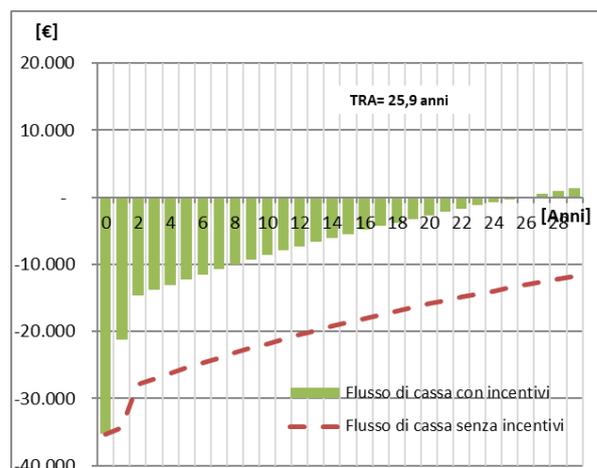


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato inferiore a 30 anni sono nel caso di ottenimento di incentivi. In assenza di incentivi il tempo di ritorno attualizzato supera la durata della vita utile dell’intervento.

EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 34.649 |
| 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 | 11.880 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 1 |
| Tasso di attualizzazione | i | % | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 23,9 | 15,5 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 40,2 | 24,7 |
| Valore attuale netto | VAN | - 9.030 | 2.393 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 1,4% | 4,9% |
| Indice di profitto | IP | -0,26 | 0,07 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6.

Figura 9.5 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

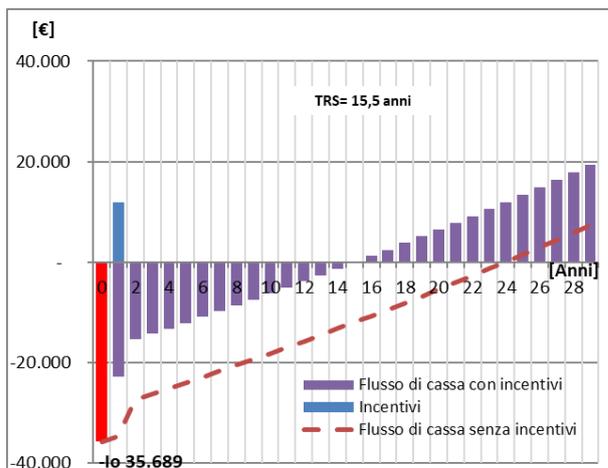
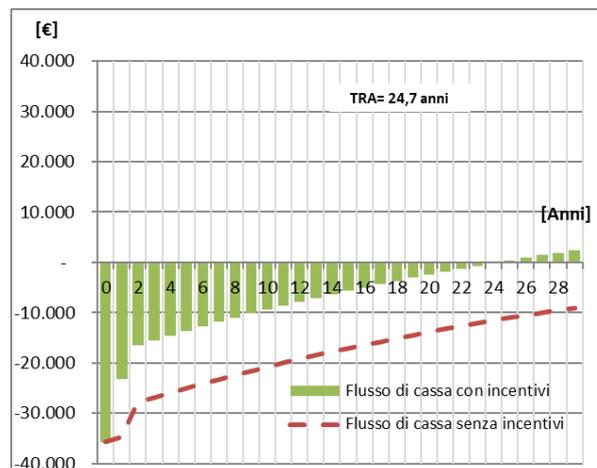


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato inferiore a 30 anni sono nel caso di ottenimento di incentivi. In assenza di incentivi il tempo di ritorno attualizzato supera la durata della vita utile dell’intervento.

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 20.347 |
| 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 | 8.139 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 1 |
| Tasso di attualizzazione | i | % | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 3,4 | 1,9 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 3,7 | 2,0 |
| Valore attuale netto | VAN | 39.851 | 47.677 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 27,5% | 39,6% |
| Indice di profitto | IP | 1,96 | 2,34 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.7 e Figura 9.8.

Figura 9.7 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

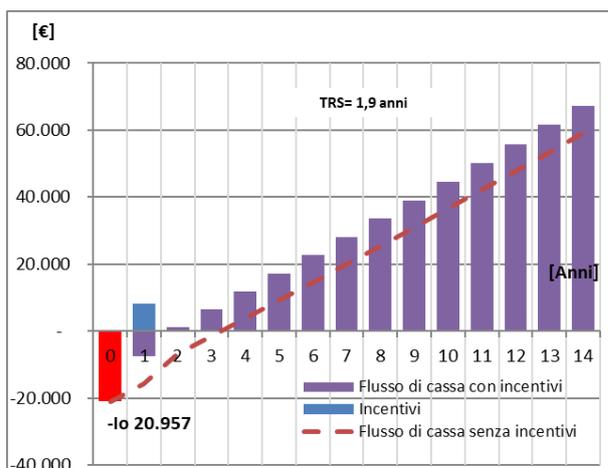
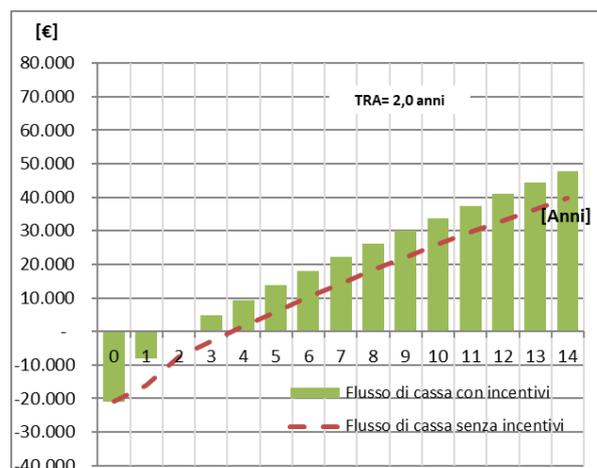


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato inferiore a 15 anni sia nel caso di ottenimento di incentivi che nel caso senza incentivi.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 5.075 |
| 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 | 2.030 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 1 |
| Tasso di attualizzazione | i | % | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 4,8 | 2,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 5,6 | 3,0 |
| Valore attuale netto | VAN | 1.058 | 3.010 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 9,6% | 23,2% |
| Indice di profitto | IP | 0,21 | 0,59 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10.

Figura 9.9 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

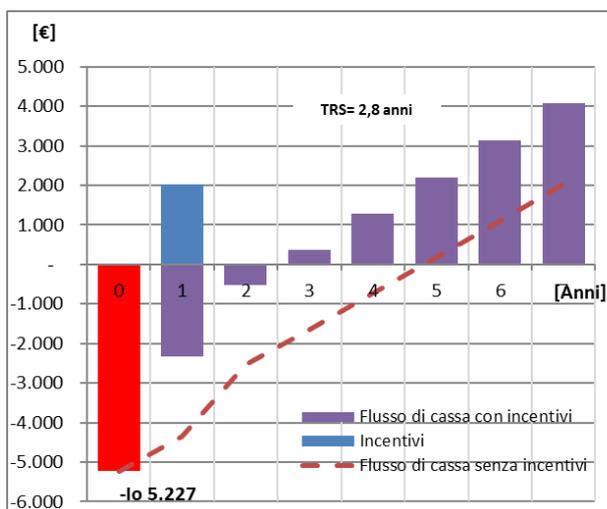
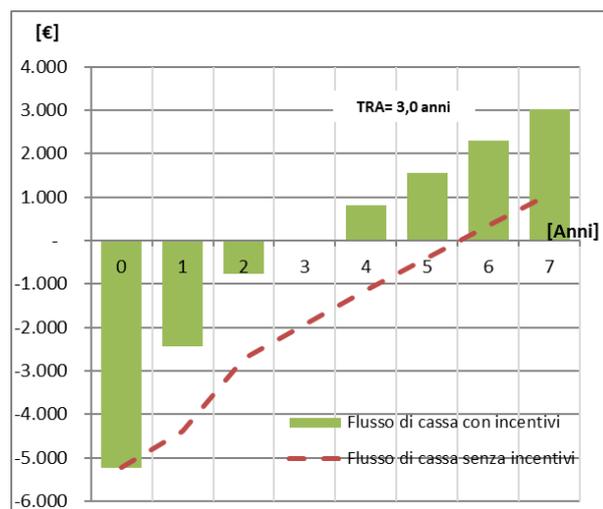


Figura 9.10 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato inferiore agli 8 anni sia nel caso di ottenimento di incentivi che nel caso senza incentivi.

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 18.943 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | % | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | % | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 20 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | 1 |
| Tasso di attualizzazione | i | % | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 13,6 | 13,6 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 20,5 | 20,5 |
| Valore attuale netto | VAN | - 459 | - 459 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 3,7% | 3,7% |
| Indice di profitto | IP | -0,02 | -0,02 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12.

Figura 9.11 – EEM3: Flussi di Cassa

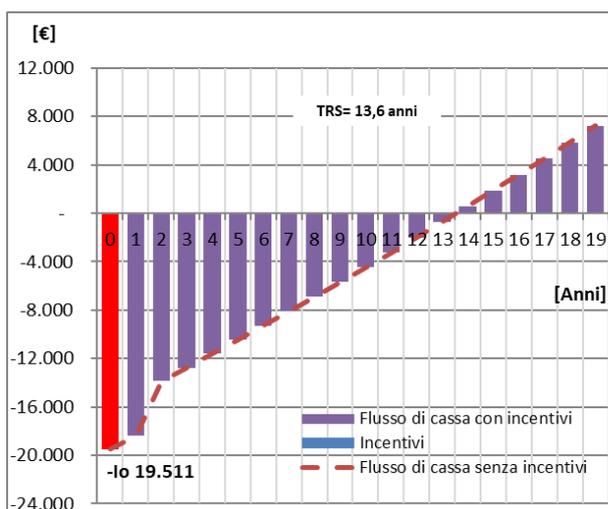
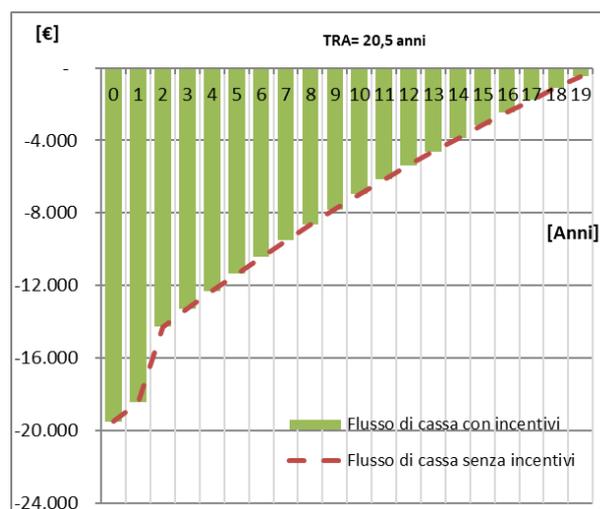


Figura 9.12 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari alla vita utile dell'intervento e un valore del VAN positivo ma non economicamente interessante.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nella Tabella 9.13 e nella Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

| SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|-----------|-------|------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_e | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM1 | 18,0% | 18,7% | 1.732,2 | 0,0 | 0,0 | -87.835,2 | 41,5 | 63,5 | 30 | -47.751,5 | -2,4% | -0,5 |
| EEM2 | 11,4% | 11,9% | 1.098,5 | 0,0 | 0,0 | -34.272,6 | 27,2 | 45,0 | 30 | -11.783,5 | 0,5% | -0,3 |
| EEM3 | 13,4% | 13,9% | 1.288,4 | 0,0 | 0,0 | -34.649,0 | 23,9 | 40,2 | 30 | -9.029,8 | 1,4% | -0,3 |
| EEM4 | 21,6% | 22,5% | 2.074,0 | 3.340,9 | 888,1 | -20.346,9 | 3,4 | 3,7 | 15 | 39.851,2 | 27,5% | 2,0 |
| EEM5 | 11,0% | 9,8% | 1.055,5 | 0,0 | 0,0 | -5.074,6 | 4,8 | 5,6 | 8 | 1.058,1 | 9,6% | 0,2 |
| EEM6 | 13,8% | 12,8% | 1.325,5 | 0,0 | 0,0 | -18.943,1 | 13,6 | 20,5 | 20 | -459,2 | 3,7% | 0,0 |

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_e è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{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;
- ΔC_{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 solo gli ultimi interventi EEM4 ed EEM5 risultano avere un ritorno economico vantaggioso senza incentivi; ma vengono riportati tutti per completezza di informazione.

Tra quelli proposti ci sono comunque interventi realizzabili sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista economico nel caso si acceda agli incentivi previsti dal conto termico come indicato in tabella 9.14.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|-----------|-------|------|
| | % ΔE | % Δ_{CO2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM1 | 18,0% | 18,7% | 1.732,2 | 0,0 | 0,0 | -87.835,2 | 28,7 | 40,0 | 30 | -22.674,5 | 0,1% | -0,3 |
| EEM2 | 11,4% | 11,9% | 1.098,5 | 0,0 | 0,0 | -34.272,6 | 15,7 | 25,9 | 30 | 1.398,3 | 4,6% | 0,0 |
| EEM3 | 13,4% | 13,9% | 1.288,4 | 0,0 | 0,0 | -34.649,0 | 15,5 | 24,7 | 30 | 2.393,2 | 4,9% | 0,1 |
| EEM4 | 21,6% | 22,5% | 2.074,0 | 3.340,9 | 888,1 | -20.346,9 | 1,9 | 2,0 | 15 | 47.676,9 | 39,6% | 2,3 |
| EEM5 | 11,0% | 9,8% | 1.055,5 | 0,0 | 0,0 | -5.074,6 | 2,8 | 3,0 | 8 | 3.009,8 | 23,2% | 0,6 |
| EEM6 | 13,8% | 12,8% | 1.325,5 | 0,0 | 0,0 | -18.943,1 | 13,6 | 20,5 | 20 | -459,2 | 3,7% | 0,0 |

Dall’analisi dei risultati emerge che gli interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono tutti tranne l’EEM1, seppur con un tempo di ritorno attualizzato maggiore della metà della vita utile dell’intervento stesso. Invece l’EEM4 e l’EEM5 sono attuabili dal punto di vista tecnico ed hanno un tempo di ritorno attualizzato molto vantaggioso, sebbene ciò dipenda anche da quanto effettivamente si possono ridurre i costi di manutenzione in seguito alla sostituzione del generatore di calore.

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

Per il primo scenario ottimale ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti, mentre il secondo scenario, 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.

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 I₀
- E è l’Equity, pari a 20% di I₀
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ 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 tn-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 LLLCR 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: [EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5 + EEM6]:** Tale scenario consiste nell'isolamento della copertura, sostituzione degli infissi, sostituzione del generatore di calore, installazione di valvole termostatiche, installazione di nuove plafoniere con lampade led, installazione di impianto fotovoltaico;
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM3 + EEM4]:** Tale scenario consiste nell'isolamento delle pareti esterne, nella sostituzione degli infissi, nella sostituzione del generatore di calore e nell'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione.

9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5 + EEM6

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

- EEM2: Isolamento della copertura;
- EEM3: Sostituzione infissi a vetro singolo e telaio in legno;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;
- EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM6: Installazione impianto fotovoltaico in copertura.

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA AL 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM2 – Fornitura e Posa | 25.538,45 | 5.618,46 | 31.156,91 |
| EEM3 – Fornitura e Posa | 25.818,95 | 5.680,17 | 31.499,12 |
| EEM4 – Fornitura e Posa | 13.744,83 | 3.023,86 | 16.768,69 |
| EEM5 – Fornitura e Posa | 3.781,38 | 831,90 | 4.613,29 |
| EEM6 – Fornitura e Posa | 14.115,55 | 3.105,42 | 17.220,97 |
| Costi per la sicurezza | 2.489,97 | 547,79 | 3.037,77 |
| Costi per la progettazione | 5.809,94 | 1.278,19 | 7.088,13 |
| TOTALE (I₀) | 91.299,08 | 20.085,80 | 111.384,88 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |

| | [€] | [€] | [€] |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|
| EEM2 O&M | - | - | - |
| EEM3 O&M | - | - | - |
| EEM4 O&M | 3.740 | 994 | 4.734 |
| EEM5 O&M | - | - | - |
| EEM6 O&M | - | - | - |
| TOTALE (C_M) | 3.740 | 994 | 4.734 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | 35.066,25 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 7.013,25 | |

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 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

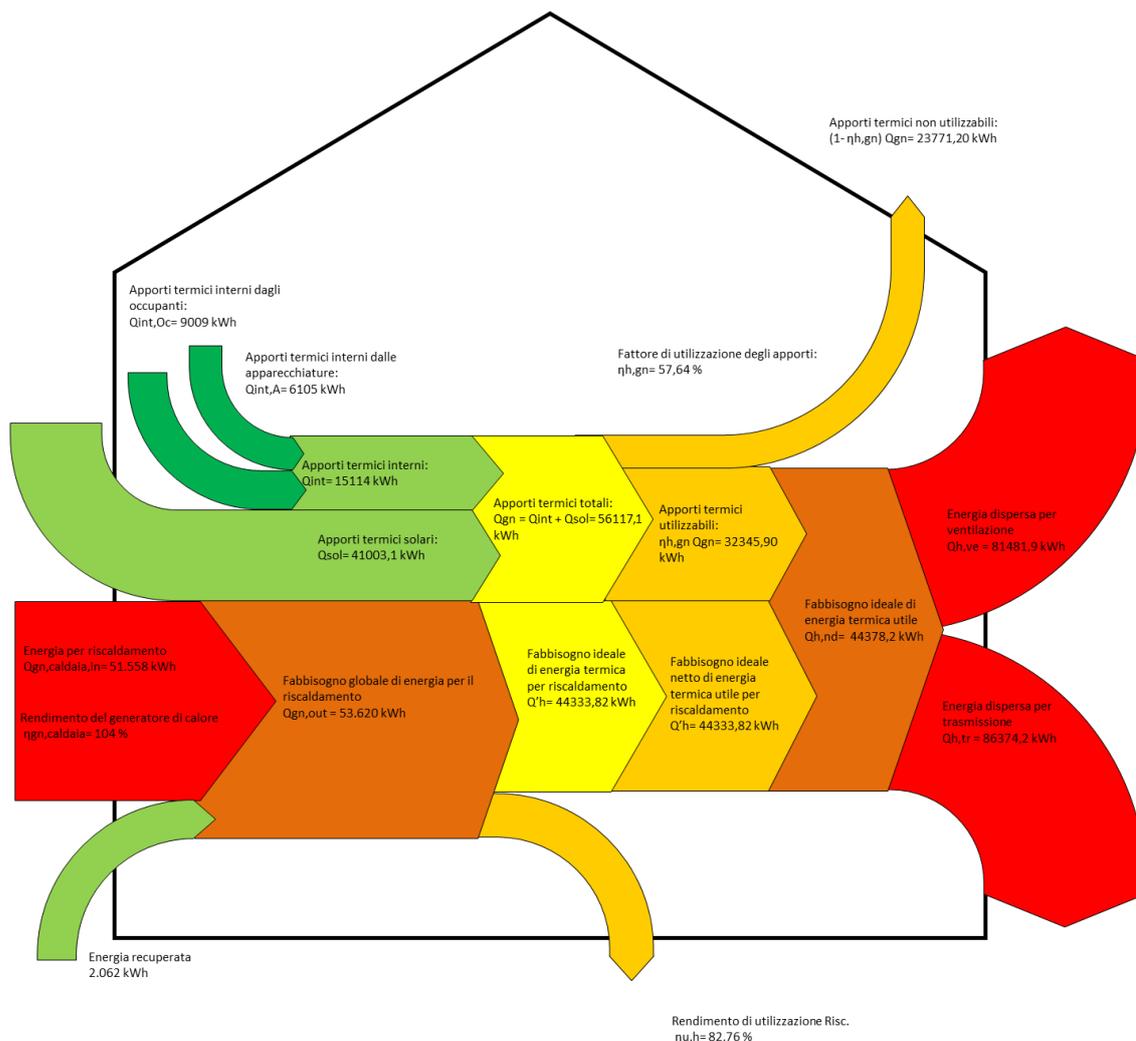
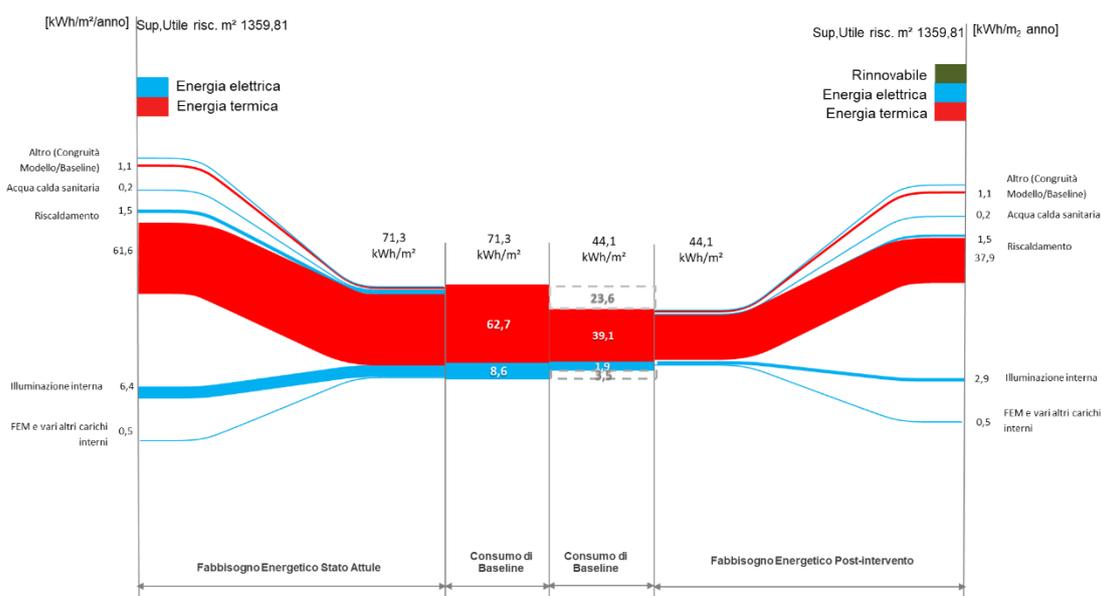


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15.

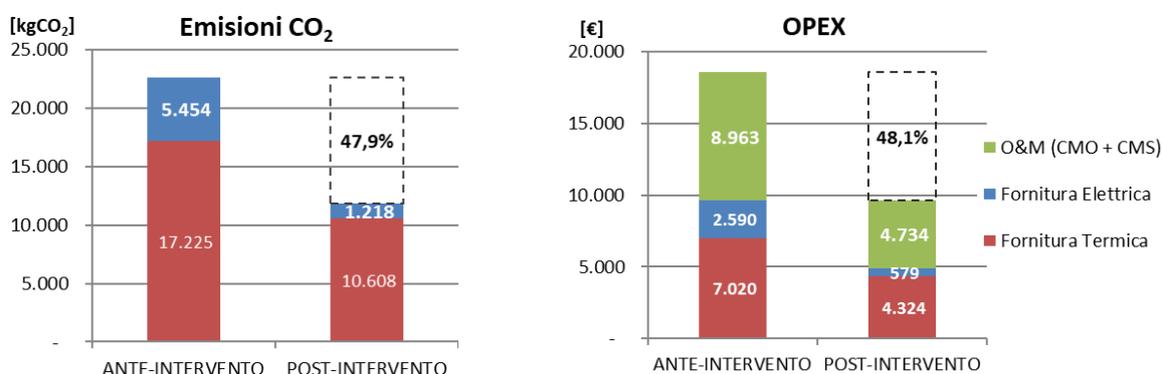
Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| EEM2 [trasmissione copertura] | [W/m ² K] | 1,65 | 0,2 | 87,9% |
| EEM3 [trasmissione finestre] | [W/m ² K] | 4,13 | 1,34 | 67,6% |
| EEM4 [Rendimento generazione calore] | [%] | 90 | 104 | 15,6% |
| EEM5 [Potenza installata] | [W] | 7.984 | 3.892 | 51,3% |
| EEM6 [Potenza installata] | [W] | 0 | 5.000 | 100,0% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 83.717 | 51.558 | 38,4% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 11.717 | 2.617 | 77,7% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 85.272 | 52.515 | 38,4% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 11.680 | 2.608 | 77,7% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 17.225 | 10.608 | 38,4% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 5.454 | 1.218 | 77,7% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 22.679 | 11.826 | 47,9% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 7.020 | 4.324 | 38,4% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 2.590 | 579 | 77,7% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 9.611 | 4.902 | 49,0% |
| C _{MO} | [€] | 7.080 | 3.740 | 47,2% |
| C _{MS} | [€] | 1.882 | 994 | 47,2% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 8.963 | 4.734 | 47,2% |
| OPEX | [€] | 18.573 | 9.636 | 48,1% |
| Classe energetica | [-] | E | C | +2 classi |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|-------------------|------|-----------------|-----------------|-------------|
|-------------------|------|-----------------|-----------------|-------------|

elettrico

Figura 9.15 - 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI FINANZIARI | | | |
|---|-----------------------|---|---------|
| Anni Costruzione | n_i | | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | | 14 |
| Anni Concessione | n | | 15 |
| Anno inizio Concessione | n_0 | | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{cdP} | | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$ | $k_{progetto}$ | | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | | 10 |
| Anni Equity | n_E | | 14 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_o | € | 111.385 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € | 3.342 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl. | CAPEX | € | 114.727 |
| %CAPEX a Debito | D | | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | | 20,00% |
| Debito | I_D | € | 91.781 |
| Equity | I_E | € | 22.945 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | € | 11.056 |

| | | | |
|--|-------------------------|---|---------|
| Costo finanziamento,(D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € | 110.556 |
| Costi per interessi debito, INT _D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € | 18.774 |

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI ECONOMICI | | | |
|---|-------------------|---|--------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{E0} | € | 9.807 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{M0} | € | 8.963 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | € | 18.770 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € | - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | $\% \Delta C_E$ | | 49,0% |
| Riduzione% costi O&M | $\% \Delta C_M$ | | 47,2% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | $\% C_{Baseline}$ | | 2,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € | 8.379 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € | 375 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € | 33.728 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € | 10.812 |
| N° di Canoni annuali | anni | | 14 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | | 29,37% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € | 2.407 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € | 1.341 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € | 4.255 |
| Canone O&M €/anno | CnM | € | 4.914 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € | 5.477 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € | 10.391 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € | 8.003 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € | 18.395 |
| Aliquota IVA % | IVA | | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € | 20.086 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € | 35.066 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | | 1 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | | 2022 |

Tabella 9.19 – 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. | | 8,17 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 10,31 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € | 22.149 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | | 8,18% |
| Indice di Profitto | IP | | 19,89% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | | 2,16 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 2,25 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € | 17.316 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | | 55,20% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | | 1,164 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | | 1,218 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | | 15,55% |

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

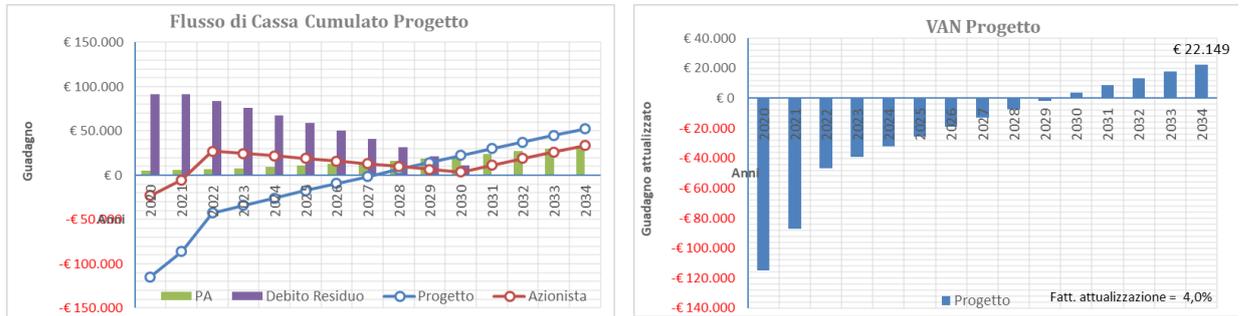
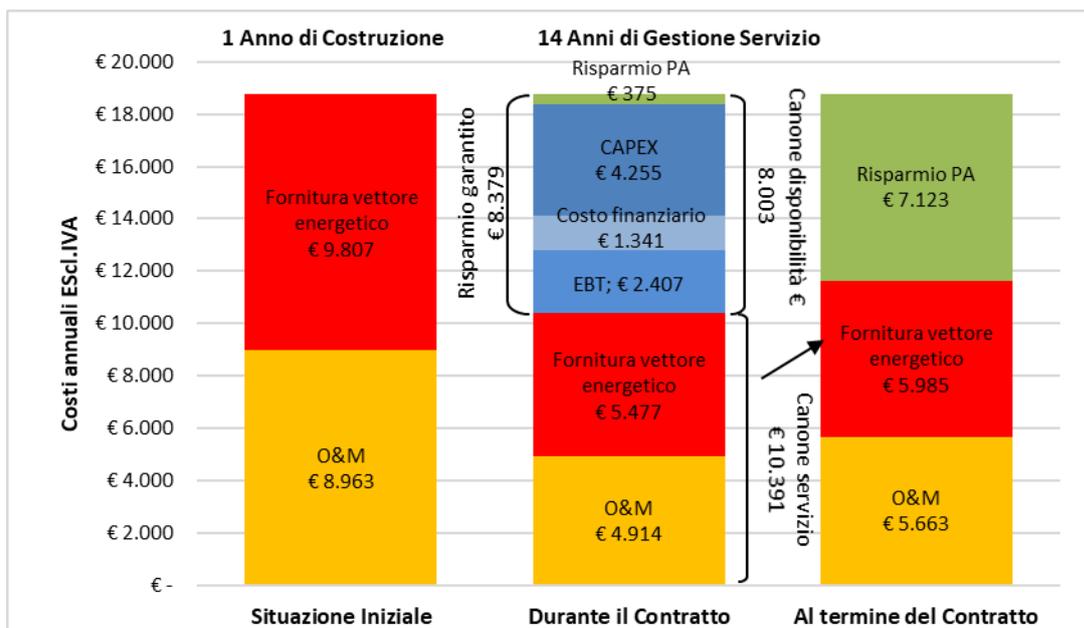


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM3 + EEM4

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne lato interno;
- EEM3: Sostituzione degli infissi;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche.

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA Al 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 – Fornitura e Posa | 52.591,30 | 11.570,09 | 64.161,38 |
| EEM3 – Fornitura e Posa | 25.818,95 | 5.680,17 | 31.499,12 |
| EEM4 – Fornitura e Posa | 13.744,83 | 3.023,86 | 16.768,69 |
| Costi per la sicurezza | 2.764,65 | 608,22 | 3.372,88 |
| Costi per la progettazione | 6.450,86 | 1.419,19 | 7.870,04 |
| TOTALE (I₀) | 101.370,58 | 22.301,53 | 123.672,11 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 O&M | - | - | - |
| EEM3 O&M | - | - | - |
| EEM4 O&M | 3.740 | 994 | 4.734 |
| TOTALE (C_M) | 3.740 | 994 | 4.734 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | 40.287,36 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 8.057,47 | |

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 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

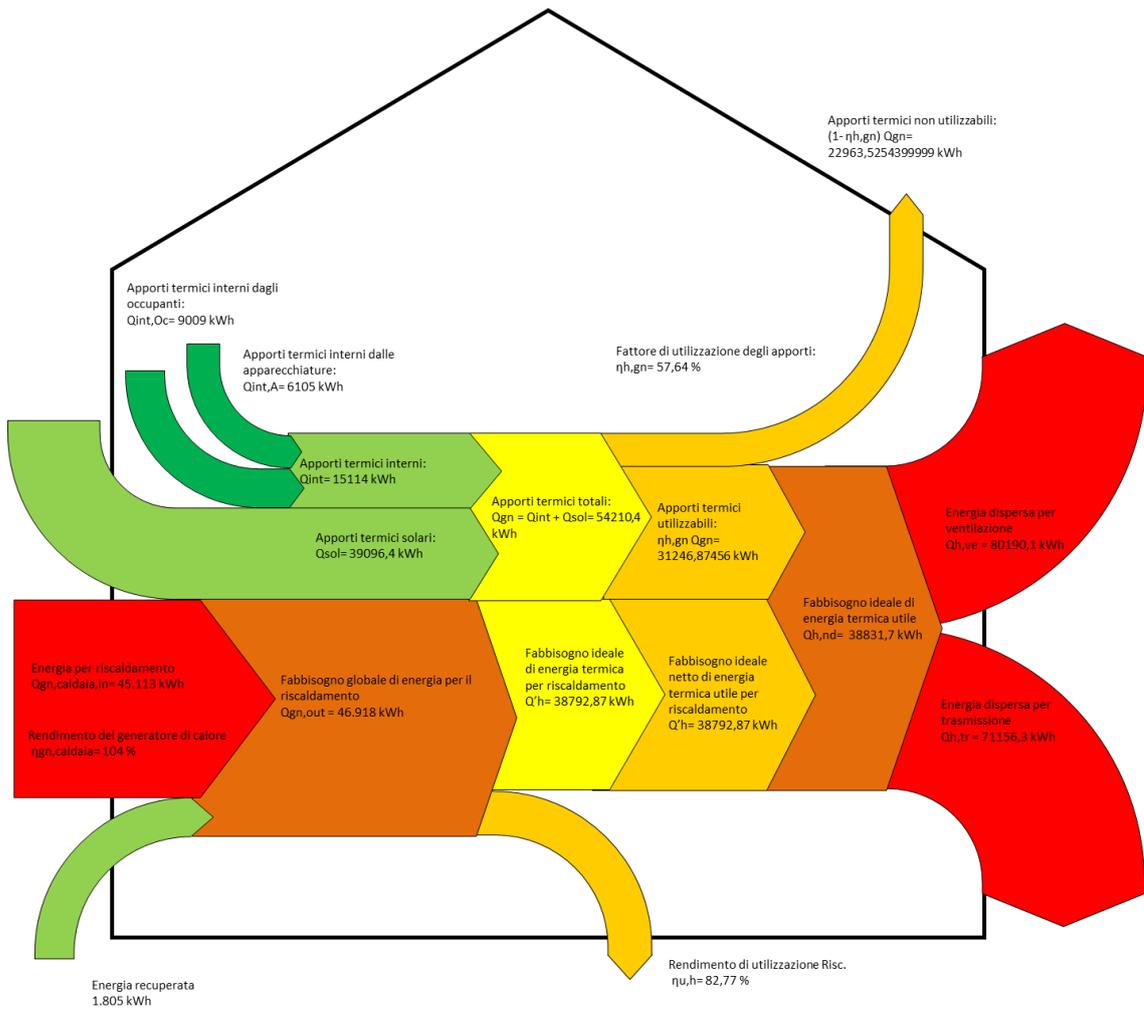
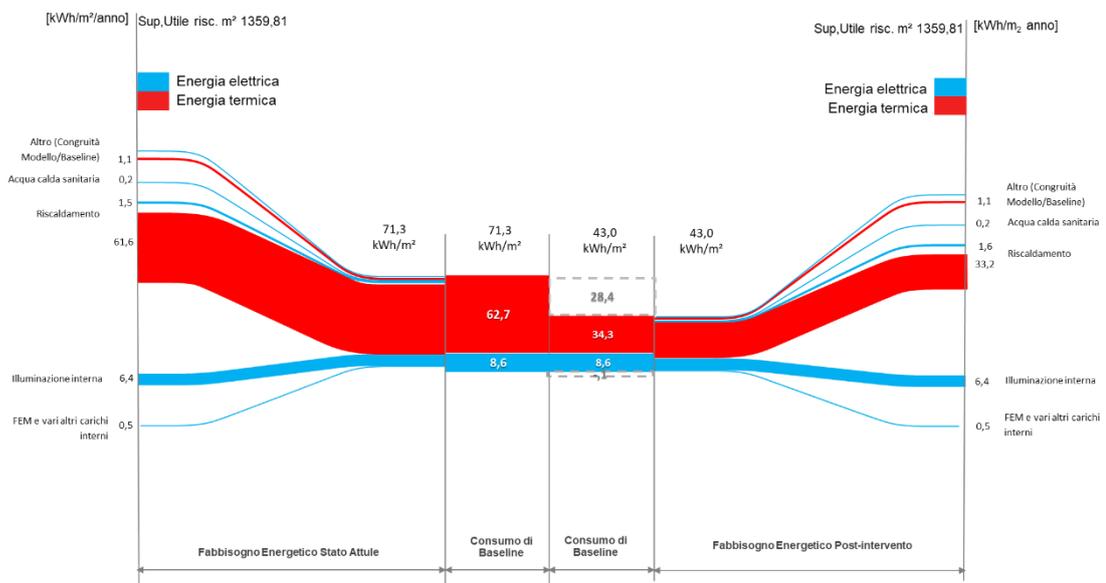


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



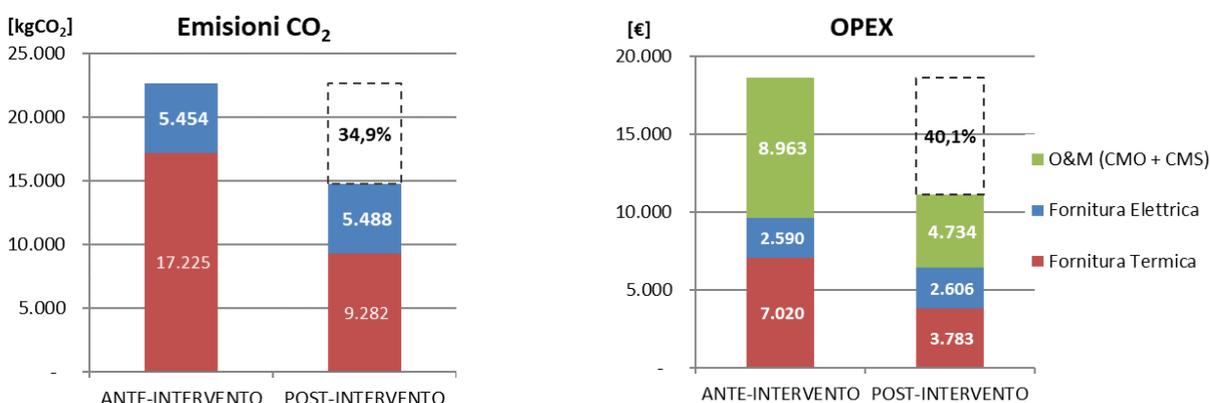
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.22.

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| EEM3 [trasmissione PARETI] | [W/m²K] | 1,59 | 0,25 | 84,3% |
| EEM3 [trasmissione finestre] | [W/m²K] | 4,13 | 1,34 | 67,6% |
| EEM4 [Rendimento generazione calore] | [%] | 90 | 104 | 15,6% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 83.717 | 45.113 | 46,1% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 11.717 | 11.789 | -0,6% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 85.272 | 45.951 | 46,1% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 11.680 | 11.751 | -0,6% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 17.225 | 9.282 | 46,1% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 5.454 | 5.488 | -0,6% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 22.679 | 14.770 | 34,9% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 7.020 | 3.783 | 46,1% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 2.590 | 2.606 | -0,6% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 9.611 | 6.389 | 33,5% |
| C _{MO} | [€] | 7.080 | 3.740 | 47,2% |
| C _{MS} | [€] | 1.882 | 994 | 47,2% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 8.963 | 4.734 | 47,2% |
| OPEX | [€] | 18.573 | 11.123 | 40,1% |
| Classe energetica | [-] | E | C | +2 classi |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|-------------------------|----------------|------|
| Anni Costruzione | n _i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n _s | 24 |
| Anni Concessione | n | 25 |
| Anno inizio Concessione | n ₀ | 2020 |

| | | | |
|--|--|---|---------|
| Anni dell'ammortamento | n_A | | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{CDP} | | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$ | $k_{progetto}$ | | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | | 17 |
| Anni Equity | n_E | | 24 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_o | € | 123.672 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € | 3.710 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € | 127.382 |
| %CAPEX a Debito | D | | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | | 20,00% |
| Debito | I_D | € | 101.906 |
| Equity | I_E | € | 25.476 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | | 12,49 |
| Rata annua debito | q_D | € | 8.158 |
| Costo finanziamento,(D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € | 136.680 |
| Costi per interessi debito, INT _D | INT_D=q_D*n_D-D | € | 36.775 |

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

| PARAMETRI ECONOMICI | | | |
|---|------------------------------|---|--------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{EO} | € | 9.807 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{MO} | € | 8.963 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | C_{Baseline} | € | 18.770 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € | - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | %ΔC_E | | 33,5% |
| Riduzione% costi O&M | %ΔC_M | | 47,2% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | %C_{Baseline} | | 2,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € | 6.131 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € | 375 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € | 80.087 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € | 10.136 |
| N° di Canoni annuali | anni | | 24 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | | 28,70% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € | 1.523 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € | 1.532 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € | 2.700 |
| Canone O&M €/anno | CnM | € | 5.040 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € | 7.600 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € | 12.639 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € | 5.755 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € | 18.395 |
| Aliquota IVA % | IVA | | 22% |

| | | | |
|-----------------------------------|-----------|---|--------|
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € | 22.302 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € | 40.287 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | | 1 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | | 2022 |

Tabella 9.24 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

| INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | | |
|--|----------------------|---|--------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = lo / FC, Anni | T.R.S. | | 10,87 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 15,33 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - lo | VAN > 0 | € | 22.318 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | | 6,81% |
| Indice di Profitto | IP | | 18,05% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = lo / FC, Anni | T.R.S. | | 2,11 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 2,18 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - lo | VAN > 0 | € | 19.368 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | | 68,93% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | | 1,118 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | | 0,976 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | | 15,66% |

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

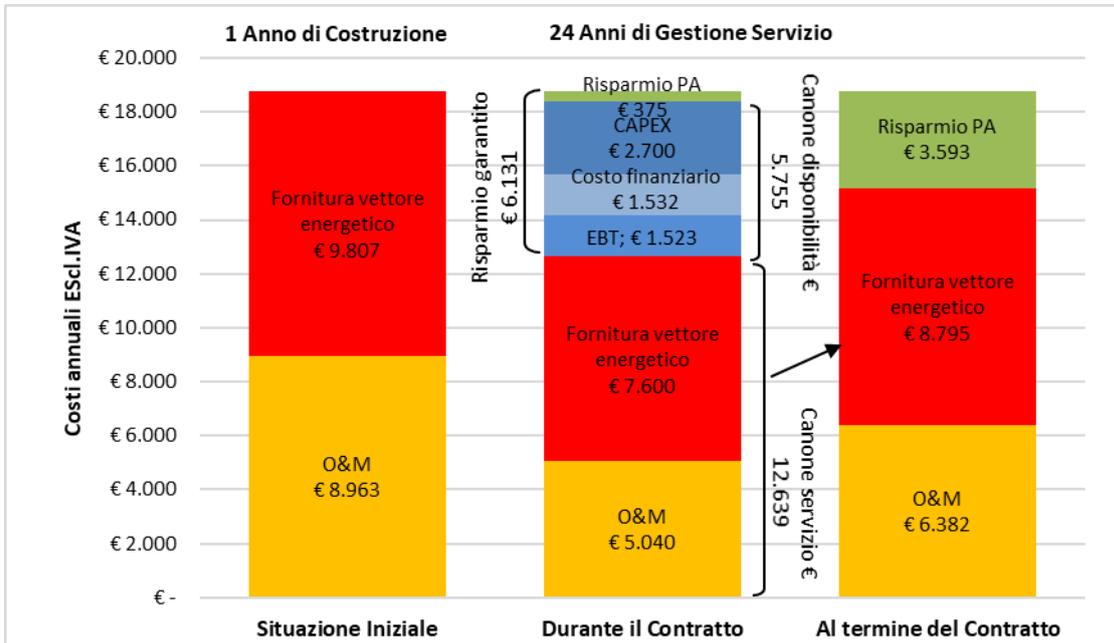


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indicatori di prestazione energetica sono riportati nella tabella 10.1 in cui vengono espressi in duplice forma:

- Rispetto ai consumi energetici reali con riferimento ai dati storici come media delle ultime 3 annualità.
- Rispetto a condizioni standard di riferimento (calcolo in valutazione standard UNI TS 11300);

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica valutati in modalità adattata all’utenza e in condizioni standard

| INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE | | CONDIZIONI REALI | U.M. | CONDIZIONI STANDARD | U.M. |
|---|-------------------|------------------|-------------|---------------------|-------------|
| Indice di prestazione energetica globale | EP _{gl} | 80,5 | kWh/mq anno | 262,5 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale | EP _H | 67,6 | kWh/mq anno | 230,1 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione energetica per la produzione di acs | EP _{acs} | 0,4 | kWh/mq anno | 0,7 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva | EP _C | 0,0 | kWh/mq anno | 0 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione energetica per la ventilazione | EP _V | 0,0 | kWh/mq anno | 0,0 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale | EP _L | 12,5 | kWh/mq anno | 31,7 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose | EP _{Tr} | 0,0 | kWh/mq anno | 0 | kWh/mq anno |
| Indice di energia termica totale | EP _T | 61,4 | kWh/mq anno | 214,0 | kWh/mq anno |
| Indice di energia elettrica totale | EE | 8,6 | kWh/mq anno | 19,0 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione termica per il riscaldamento | ET _H | 61,4 | kWh/mq anno | 214,0 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione termica per il raffrescamento | ET _C | 0,0 | kWh/mq anno | 0,0 | kWh/mq anno |
| Indice di prestazione termica per la produzione di acs | ET _W | 0,2 | kWh/mq anno | 0,4 | kWh/mq anno |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | 16,8 | Kg/mq anno | 52,1 | Kg/mq anno |

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

10.2.1 Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:

Al fine di dare una priorità all’implementazione degli interventi di miglioramento individuati è stata effettuata un’analisi multicriterio che tenga in considerazione gli aspetti:

- Energetici: Riduzione dei consumi di energia primaria (kWh);
- Economici:
 - Costo dell’energia risparmiata (CER) espressa in c€/kWh, fornisce l’esborso finanziario da sostenere per ogni unità di energia risparmiata;
 - Indice di profittabilità (IP) dato dal rapporto tra VAN e Investimento;
 - Valore Attualizzato Netto (VAN) (€);

- Tempo di riorno Semplice (TR) (anni).
- Ambientali: Tonnellate di CO₂ evitate annualmente (ton/anno).

Tabella 10.2 – Analisi multicriterio degli interventi migliorativi

| INTERVENTO | Criterio Energetico | Criterio Ambientale | Criterio Economico | | | | Risultato complessivo |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|-------|-------|------------|-----------------------|
| | Risparmio energia primaria | CO ₂ risparmiata | TIR | IP | TR | VAN | |
| | kWh/anno | Ton/anno | % | - | anni | € | |
| EEM 1 * | 58.648,61 | 4,26 | 0,1% | -0,26 | 28,69 | -22.674,53 | - |
| EEM 2 | 34.403,19 | 2,70 | 4,6% | 0,04 | 15,75 | 1.398,27 | 0,04 |
| EEM 3 | 43.391,54 | 3,16 | 4,9% | 0,07 | 15,49 | 2.393,23 | 0,07 |
| EEM 4 | 79.603,28 | 5,10 | 39,6% | 2,34 | 1,88 | 47.676,95 | 0,42 |
| EEM 5 | 15.161,88 | 3,13 | 23,2% | 0,59 | 2,80 | 3.009,83 | 0,09 |
| EEM 6* | 10.688,11 | 2,99 | 3,7% | -0,02 | 13,61 | -459,18 | - |
| SCN1 | 143.120,00 | 11,53 | 8,2% | 19,89 | 8,17 | 22.149,00 | 0,86 |
| SCN2 | 136.361,75 | 8,35 | 6,8% | 18,05 | 10,87 | 22.318,00 | 0,71 |
| PESO | 20% | 30% | 5% | 30% | 5% | 10% | |

*L'intervento risulta escludibile dall'analisi in quanto caratterizzato da pareti economici negativi e quindi non applicabile.

Nel risultato complessivo compare la somma di tutti gli indicatori riportati in tabella parametrizzati rispetto ai fattori peso indicati e pesati tra di loro per poterli confrontare; maggiore è il risultato complessivo migliore complessivamente è l'intervento rispetto a quelli proposti.

L'analisi multicriterio dimostra che l'SCN1 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'SCN2; tra gli interventi singoli proposti l'intervento migliore risulta la sostituzione del generatore di calore unitamente all'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione. In generale l'analisi multicriterio mette in luce anche il fatto che un maggior investimento non determina per forza un miglioramento dei parametri energetici, ambientali ed economici; infatti il risultato complessivo mostra che l'interazione di questi parametri può portare un intervento a basso investimento ad essere migliore di uno ad investimento maggiore.

10.2.2 Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi

e suddette opportunità di miglioramento verranno attuate attraverso la stipula di Contratti a garanzia di risultato (EPC) con ESCO a seguito dell'aggiudicazione di Gare d'Appalto dedicate.

I piani di misura e verifica dei risparmi sono uno strumento fondamentale nei contratti EPC per monitorare nel tempo il risparmio energetico conseguito grazie agli interventi di efficientamento, in base al quale si valuta il raggiungimento degli obiettivi garantiti dal contratto.

L'obiettivo principale del monitoraggio è quello di avere un feedback obiettivo sui risultati ottenuti. In particolare la raccolta dei dati deve servire per:

- valutare l'efficacia e l'efficienza dell'uso delle risorse investite per raggiungere l'obiettivo dell'iniziativa;
- garantire la corretta gestione del Contratto stipulato con la ESCO. I dati utilizzati per calcolare i pagamenti devono essere veritieri e garantire, trasparenza e tracciabilità;
- come esempio per replicare l'iniziativa e dimostrarne l'efficacia.

Il Sistema di Monitoraggio e Verifica delle Prestazioni prevede:

- la programmazione periodica delle attività di controllo;
- la compilazione periodica di un report di Monitoraggio;

- la predisposizione di un report stagionale con i risultati delle prestazioni per il periodo di riferimento;
- la messa a disposizione delle informazioni e dei report raccolti e archiviati.

Il report annuale di monitoraggio dovrà contenere gli elementi seguenti:

- l'andamento dei consumi stagionali, in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia termica;
- l'andamento dei consumi stagionali in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia elettrica;
- i prezzi di riferimento per la stagione;
- la descrizione di eventuali variazioni climatiche;
- la descrizione di eventuali variazioni delle modalità d'uso degli edifici;
- la descrizione di eventuali variazioni delle caratteristiche di base degli edifici;
- il risparmio energetico garantito ed effettivo e gli eventuali scostamenti;
- la descrizione delle esperienze operative acquisite.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Il presente report di Diagnosi Energetica può ritenersi un documento tecnico propedeutico all'eventuale redazione di Energy Performance Contract (EPC) volti all'implementazione degli interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio della Committenza.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

| Titolo | Data | Nome file |
|--|----------|-------------------------------------|
| Allegato A - Elenco documentazione fornita dalla committenza | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoA.docx |

ALLEGATO B – ELABORATI

| Titolo | Descrizione | Data | Nome file |
|--|-----------------------------------|----------|--|
| Contesto geografico e urbano e zone termiche | Contesto geografico | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg |
| Analisi fatture dell'energia elettrica | Analisi fatture EE | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx |
| Analisi fatture dell'energia termica | Analisi fatture GAS | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx |
| Riepilogo dati fatture rilevati dall'auditor | Dati consumi termici ed elettrici | 07/06/18 | kyotoBaseline-E680_rev10.xlsx |

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| Titolo | Data | Nome file |
|--|----------|-------------------------------------|
| Allegato C – Report di indagine termografica | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoC.docx |

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non sono stati eseguiti ulteriori report relativi a prove diagnostiche strumentali della termoflussimetria in quanto non ritenuti significativi viste le caratteristiche dell'edificio individualizzate in fase di rilievo e di elaborazione del report di diagnosi energetiche.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|----------|------------------------------------|
| Relazione di calcolo, fabbisogno di energia e diagnosi energetica rilasciati dal software | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoE.pdf |



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| Titolo | Data | Nome file |
|--|----------|-------------------------------------|
| Certificato di conformità Namirial Termo | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-Allegato F.pdf |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|----------|--|
| Attestato di prestazione energetica | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoG-APE.pdf |

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|----------|--|
| Attestato di prestazione energetica | 07/06/18 | DE_Lotto.3._E680_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf |
| Attestato di prestazione energetica | 07/06/18 | DE_Lotto.3._E680_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf |

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| | Titolo | Data | Nome file |
|----------------|--------|----------|---------------------------|
| Dati climatici | | 07/06/18 | GG_Lotto.3-E680_revB.xlsx |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| Titolo | Data | Nome file |
|--------------|----------|---|
| Scheda Audit | 07/06/18 | DE_Lotto3-E680_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx |

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------------------------|----------|---|
| Scheda ORE_isolamento pareti esterne | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf |
| Scheda ORE_isolamento copertura piana | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf |
| Scheda ORE_sostituzione infissi | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf |
| Scheda ORE_sostituzione caldaie | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf |
| Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf |
| Scheda ORE_lampade led.pdf | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf |
| Scheda ORE_impianto fotovoltaico.pdf | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM6.pdf |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|----------|--|
| Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2 | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx |

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------------|----------|---|
| Report di benchamark | 07/06/18 | DE_Lotto.3-E680_revC-AllegatoM-Benchmark.docx |



ALLEGATO N – CD-ROM