

Elementare "S. GIACOMO"
E 96
Via Inferiore Rio Maggiore 1B

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



04/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



Elementare San Giacomo E96

Via Inferiore Rio Maggiore 1/B

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
03/2018

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

eFM SpA
Via Laurentina, 455 - 00142 Roma
Tel 06 5400064 – efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|-----------|------------|------------------|-----------------------------|------------------|---------------------|
| 00 | 19/03/2018 | Carlotta Mordini | Luca Grossi Luca Bonanno | Stefano Mazzetti | Prima Pubblicazione |

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 | I |
| 1 INTRODUZIONE | 1 |
| 1.1 PREMessa | 1 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 1 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO | 2 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO | 2 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO..... | 3 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 6 |
| 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 | 13 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 14 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO | 14 |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> | 14 |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> | 15 |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE..... | 17 |
| 4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> | 17 |
| 4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> | 18 |
| 4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> | 18 |
| 4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> | 20 |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 20 |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA..... | 21 |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA | 21 |
| 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE | 21 |
| 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE..... | 21 |
| 4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE | 22 |
| 5 CONSUMI RILEVATI | 23 |
| 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA..... | 23 |
| 5.1.1 <i>Energia termica</i> | 23 |
| 5.1.2 <i>Energia elettrica</i> | 25 |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI | 28 |
| 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO..... | 32 |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO | 32 |
| 6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> | 33 |
| 6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> | 34 |
| 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI..... | 34 |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI..... | 36 |
| 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO..... | 38 |
| 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI | 38 |
| 7.1.1 <i>Vettore termico</i> | 38 |
| 7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> | 41 |
| 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI..... | 44 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 7.3 | COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI | 44 |
| 7.4 | BASELINE DEI COSTI | 45 |
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA..... | 47 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI..... | 47 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio.....</i> | 47 |
| | EEM1: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO | 47 |
| | EEM2: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI..... | 49 |
| | EEM3: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI..... | 50 |
| 8.1.2 | <i>Impianto riscaldamento.....</i> | 52 |
| | EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER..... | 52 |
| | EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA..... | 54 |
| 8.1.3 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i> | 56 |
| | EEM6: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED | 56 |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA..... | 58 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI | 58 |
| | EEM1: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO | 58 |
| | EEM2: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI..... | 60 |
| | EEM3: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI..... | 60 |
| | EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER..... | 61 |
| | EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA..... | 62 |
| | EEM6: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE A LED..... | 64 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 65 |
| | EEM1: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO | 66 |
| | EEM2: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI..... | 67 |
| | EEM3: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI..... | 68 |
| | EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER..... | 69 |
| | EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA..... | 70 |
| | EEM6: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED | 71 |
| | SINTESI..... | 72 |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO | 73 |
| 9.3.1 | <i>Scenario 1: Infissi + valvole + generatore + LED</i> | 76 |
| 9.3.2 | <i>Scenario 2: Cappotto + infissi + valvole + generatore + LED.....</i> | 82 |
| 10 | CONCLUSIONI..... | 88 |
| 10.1 | RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA | 88 |
| 10.2 | RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI | 88 |
| | ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA..... | 1 |
| | ALLEGATO B – ELABORATI..... | 1 |
| | 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..... | 2 |
| ALLEGATO I – DATI CLIMATICI..... | 2 |
| ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT | 2 |
| ALLEGATO K – SCHEDE ORE..... | 2 |
| ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI | 2 |
| ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK..... | 2 |
| ALLEGATO N – CD-ROM | 2 |

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 | | 1953 |
| Anno di ristrutturazione | | NR |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 810 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 2.031 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 3.871 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,525 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 955 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 1.226 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 2.181 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 150 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | 0 |
| Tipo di combustibile | | METANO |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Boiler Elettrici |
| Emissioni CO ₂ di riferimento (*) | [t/anno] | 18,9 |
| Consumo di riferimento Gas Metano (*) | [kWh _{th} /anno] | 67.286 |
| Spesa annuale Gas Metano (*) | [€/anno] | 5.419 |
| Consumo di riferimento energia elettrica (*) | [kWh _{el} /anno] | 11.545 |
| Spesa annuale energia elettrica (*) | [€/anno] | 2.537 |

(*): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione a cappotto dell'involucro
- EEM 2: Sostituzione degli infissi esterni
- EEM 3: Compartimentazione termica: installazione controsoffitti
- EEM 4: Installazione di Valvole Termostatiche e pompe inverter
- EEM 5: Sostituzione Generatore di Calore
- EEM 6: Installazione Impianto di Illuminazione a LED

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

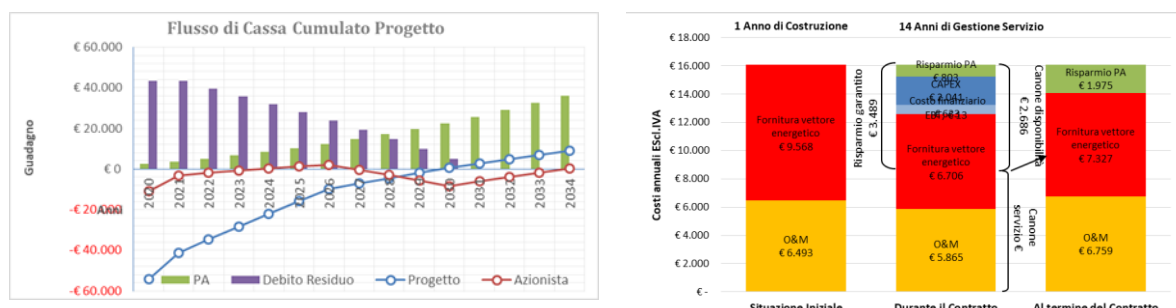
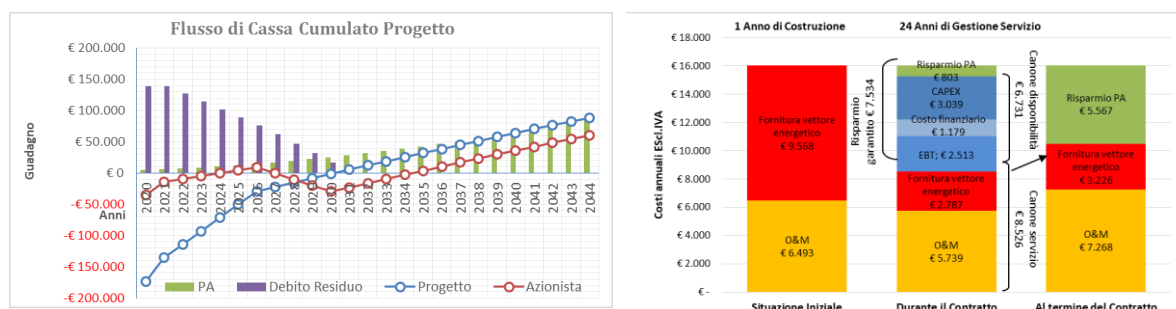
| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|------------|------------|------------|----------------|-------|-------|----------|----------|
| | %Δ _E | %Δ _{CO₂} | ΔC _E | ΔC _{MO} | ΔC _{MS} | I ₀ | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP | DCS R | LLC R |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [%] | | |
| EEM 1 | 22,6 % | 25,3% | 2.980,00 € | 591,30 € | 83,20 € | 115.345 € | 15,9 | 20,7 | 30 | 20.730,00 € | 4,0% | -0,18 | n/a | n/a |
| EEM 2 | 3% | 3,3% | 394,70 € | 519,40 € | 113,10 € | 19.471,00 € | 18,3 | 22,9 | 30 | 3.810,00 € | 3,5% | 0,20 | n/a | n/a |
| EEM 3 | 6,5% | 7,2% | 854,50 € | 688,30 € | 83,20 € | 37.783,00 € | 21,8 | 28,6 | 30 | 526,00 € | 2,10% | 0,01 | n/a | n/a |

E96 Scuola Elementare San Giacomo

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-------|------------|------------|----------|--------------|-------|-------|----|-------------|---------|--------|-------|-------|
| EEM 4 | 5% | 5,1% | 654,10 € | 775,90 € | 108,10 € | 3.514,00 € | 2,4 | 2,5 | 15 | 13.164,00 € | 39,00 % | 3,75 | n/a | n/a |
| EEM 5 | 4,8% | 5,4% | 636,70 € | 938,60 € | 83,20 € | 13.376,00 € | 8,2 | 9,0 | 15 | 5.944,00 € | 8,10% | 0,44 | n/a | n/a |
| EEM 6 | 18,2 % | 17,3% | 2.405,60 € | 663,30 € | 249,50€ | 16.188,00 € | 3,5 | 3,6 | 8 | 10.553,00 € | 18,5% | 0,65 | n/a | n/a |
| SCN1 | 35,1 % | 35,3% | 2.792,20 € | 938,60 € | 83,20 € | 52.549,00 € | 14,62 | 18,50 | 15 | -2.052,00€ | 0,42% | 3,91 % | 1,031 | 0,914 |
| SCN2 | 69,5 % | 71,5% | 5.530,70 € | 1.251,00 € | 83,00 € | 167.894,00 € | 15,36 | 20,81 | 25 | 3.644,00€ | 10,72 % | 2,17 % | 1,006 | 1,441 |

Descrizione Scenari di Intervento Ottimali:

- Scenario 1: Infissi (palestra) + valvole + generatore + LED
- Scenario 2: Cappotto + infissi (palestra) + valvole + generatore + LED

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria


L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. La sostituzione delle chiusure trasparenti (infissi) dell'involucro (solo quelli non ancora sostituiti e con vetro singolo);
2. l'isolamento a cappotto dell'involucro;
3. l'installazione di controsoffitti per la compartimentazione termica;
4. la sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza (a condensazione);
5. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;



6. I 'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi singolarmente più interessanti sono la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzante la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi e la sostituzione del generatore andrebbero affiancati sempre all'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

Dalle analisi effettuate risulta che degli investimenti previsti nei due scenari solo uno risulta remunerativo.

Si fa notare che i costi utilizzati, ricavati da listini ufficiali, prevedono solo una riduzione del 10%, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, ma non rispecchiano gli sconti reali ipotizzabili in sede di realizzazione.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Sud -Ovest



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 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 dalla Efm s.p.a., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

| NOME E COGNOME | RUOLO | ATTIVITÀ SVOLTA |
|------------------|------------------------|---|
| Stefano Mazzetti | | Sopralluogo in sito |
| Stefano Mazzetti | | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Stefano Mazzetti | | Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico |
| Luca Bonanno | Responsabile involucro | Revisione report di diagnosi energetica |
| Luca Grossi | Responsabile impianti | Revisione report di diagnosi energetica |
| Stefano Mazzetti | EGE | Approvazione report di diagnosi energetica |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sez. MOL F.5 Mapp. 599 senza Sub è sito nel Comune di Genova.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|---|-------------------|-------------------------|
| Anno di costruzione edificio | | 1953 |
| Anno di ristrutturazione | | NR |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 810 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 2.031 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 3.871 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,525 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 955 |

| | | |
|---|---|--------|
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 1.226 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 2.181 |
| Tipologia generatore riscaldamento | GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO | |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 150 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | 0 |
| Tipo di combustibile | METANO | |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | Boiler Elettrici | |
| Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 18,9 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 67.286 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 5.419 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 11.545 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 2.537 |

Nota (1): Valori di Baseline

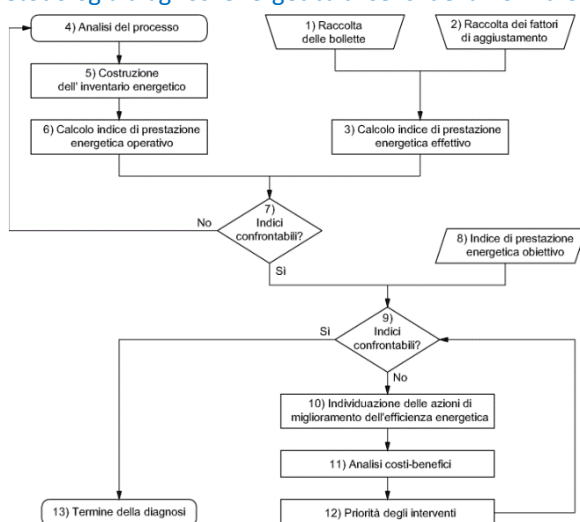
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' **ALLEGATO B – ELABORATI**; **Error! Reference source not found.**
- 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 20/11/2017 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 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, Assisat, 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 Versione 4.2 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) N.66 del 15/03/2017 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 di Genova Quezzi 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});
- 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;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

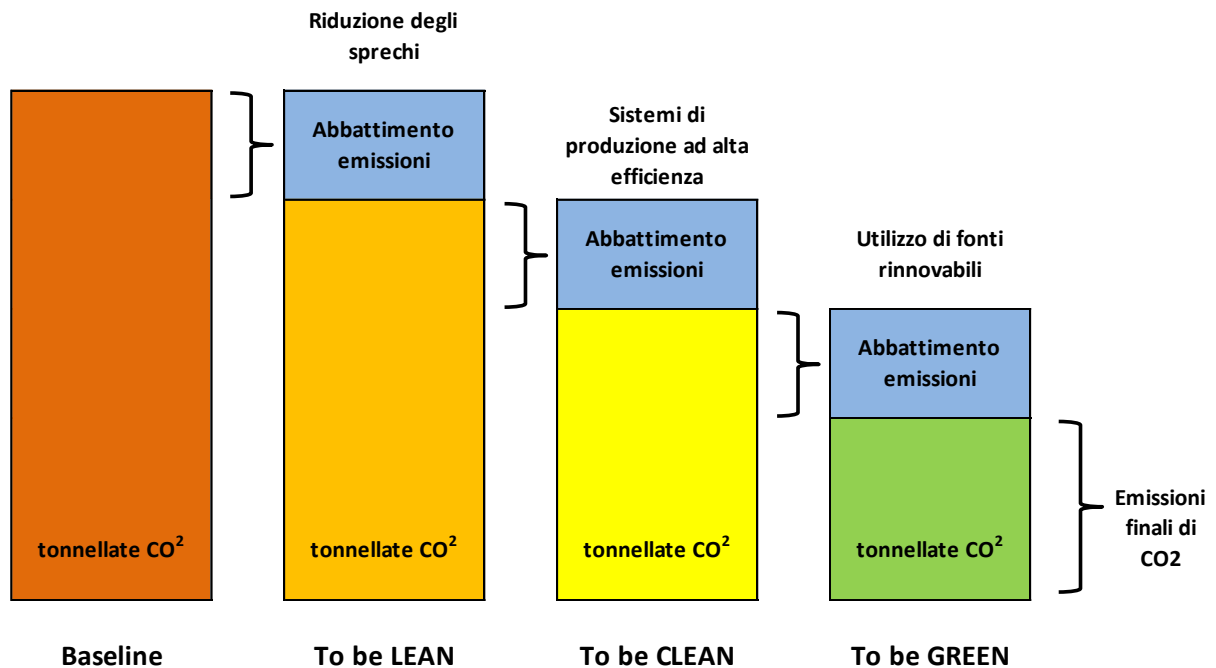
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di 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 energetico primario.

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

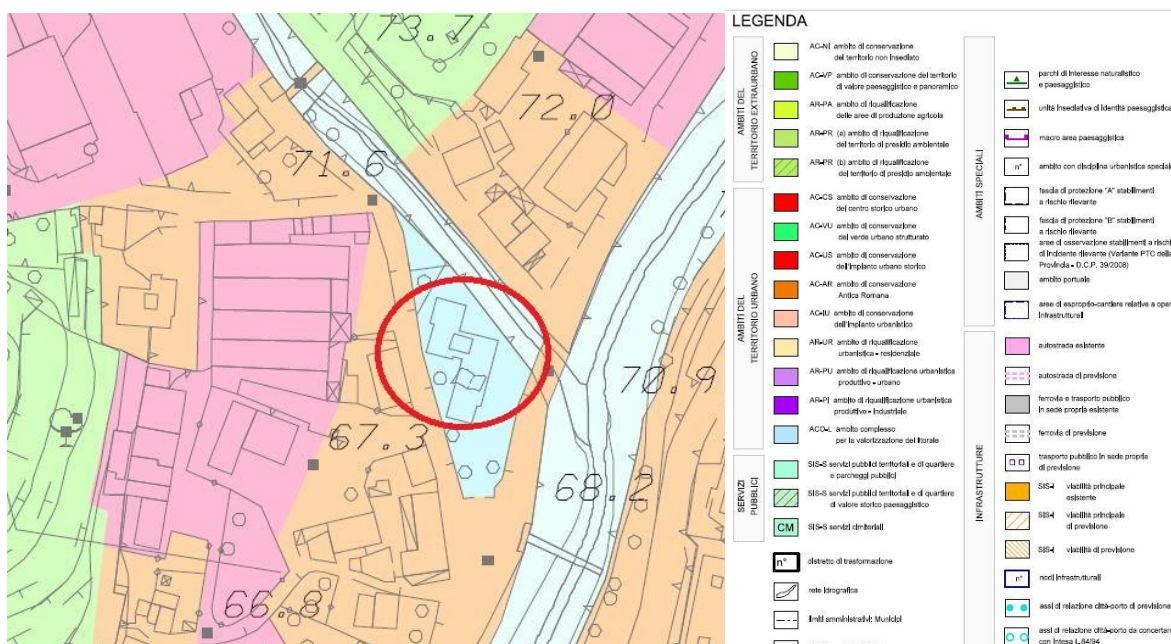
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 Distretti di trasformazione. In particolare l'edificio in esame rientra nel distretto n. 24 "Gavette". Le caratteristiche di tale distretto vengono riportate nella scheda seguente.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



L'edificio in esame ricade nell'ambito di piano "SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici".

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

L'edificio risale all'incirca al 1953, ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, nei quali è locata la scuola. Al piano terra sono presenti una palestra con spogliatoi e docce e la mensa scolastica, mentre al piano superiore trovano spazio le aule scolastiche. Il piano seminterrato e il terzo fuori terra sono dedicati ai vani tecnici.

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

Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in **ALLEGATO B – ELABORATI**.

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

| PIANO | UTILIZZO | U.M. | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾ | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾ | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾ |
|---------------|--|-------------------|---|--|---|
| Seminterrato | Centrale termica | [m ²] | 23 | 0 | 0 |
| Terra | Palestra, Refettorio e Aule didattiche | [m ²] | 440 | 382 | 0 |
| Primo | Aule didattiche | [m ²] | 452 | 392 | 0 |
| Copertura | Locale tecnico | [m ²] | 40 | 36 | 0 |
| TOTALE | | [m ²] | 955 | 810 | 0 |

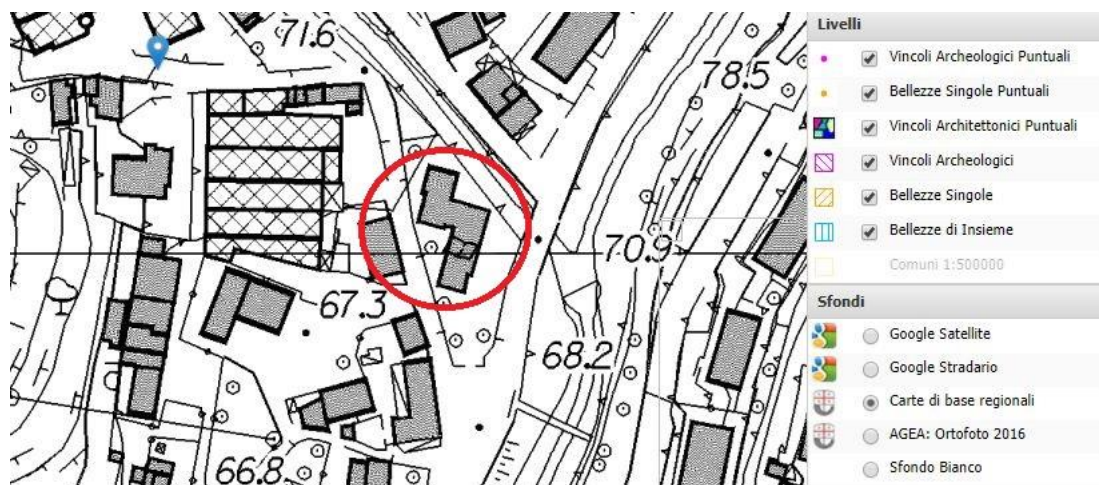
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

Dall'analisi dei vicoli, rilevabili nel sito della regione Liguria, l'edificio in esame non presenta vincoli architettonici, paesaggistici o archeologici.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli






Nell'analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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: Sostituzione Infissi Esterni | - | | - |
| EEM 2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio | - | | - |
| EEM 3: Compartimentazione Termica- Installazione di Controsoffitti | - | | - |
| EEM 4: Sostituzione Generatore di Calore con altro ad Alta Efficienza | - | | - |
| EEM 5: Installazione Valvole Termostatiche e Pompe Inverter | - | | - |
| EEM 6: Installazione Impianto Illuminazione Led | - | | - |

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

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

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.

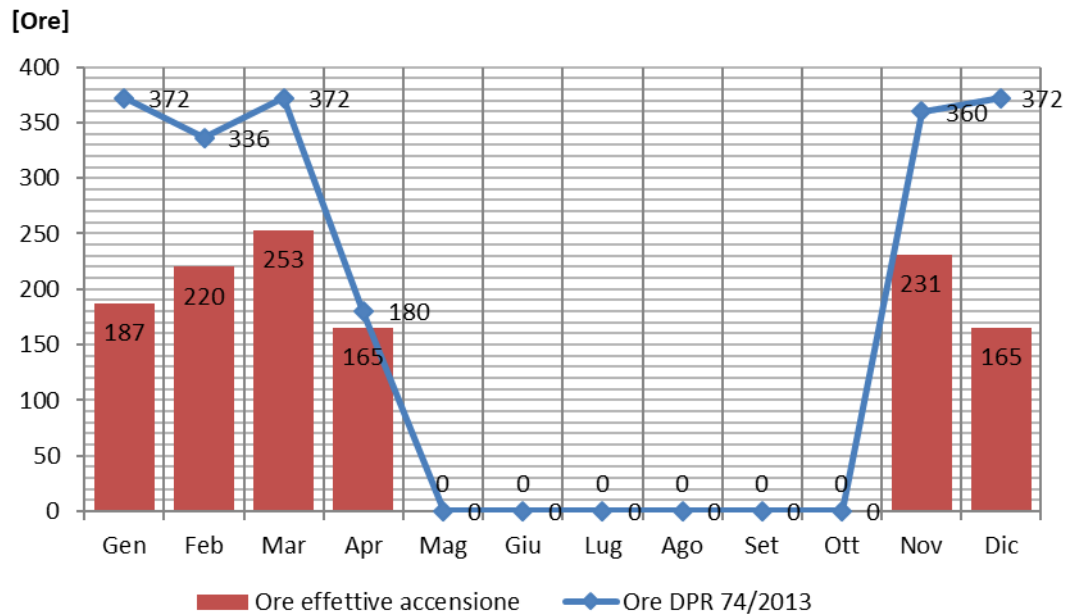
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio ed i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati durante il sopralluogo attraverso lettura di appositi cartelli affissi e richiesta al personale presente.

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 SETTIMENALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| [Dal 1 Novembre al 15 Aprile] | Dal lunedì al venerdì] | 7.00 – 18.30 | 7.00 – 18.30 |
| | Sabato e domenica] | CHIUSO | SPENTO |
| [Dal 16 Aprile al 30 Ottobre] | Tutti i giorni | 7.00 – 18.30 | SPENTO |

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale e/o utenti 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 921 GG calcolati su 108 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 5.1.1.

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 _{rif} | PROFILO DI INCIDENZA |
|---------------|----------------|---|----------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Gennaio | 31 | 10,4 | 31 | 298 | 17 | 17 | 163 | 18% |
| Febbraio | 28 | 10,5 | 28 | 266 | 20 | 20 | 190 | 21% |
| Marzo | 31 | 11,1 | 31 | 276 | 23 | 23 | 205 | 22% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 15 | 71 | 19 | 12 | 73 | 8% |
| Maggio | 31 | 18,7 | - | - | 22 | - | - | 0% |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 21 | - | - | 0% |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | 10 | - | - | 0% |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | - | - | - | 0% |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 15 | - | - | 0% |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 22 | - | - | 0% |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 21 | 21 | 141 | 15% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 15 | 15 | 150 | 16% |
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 208 | 108 | 921 | 100% |

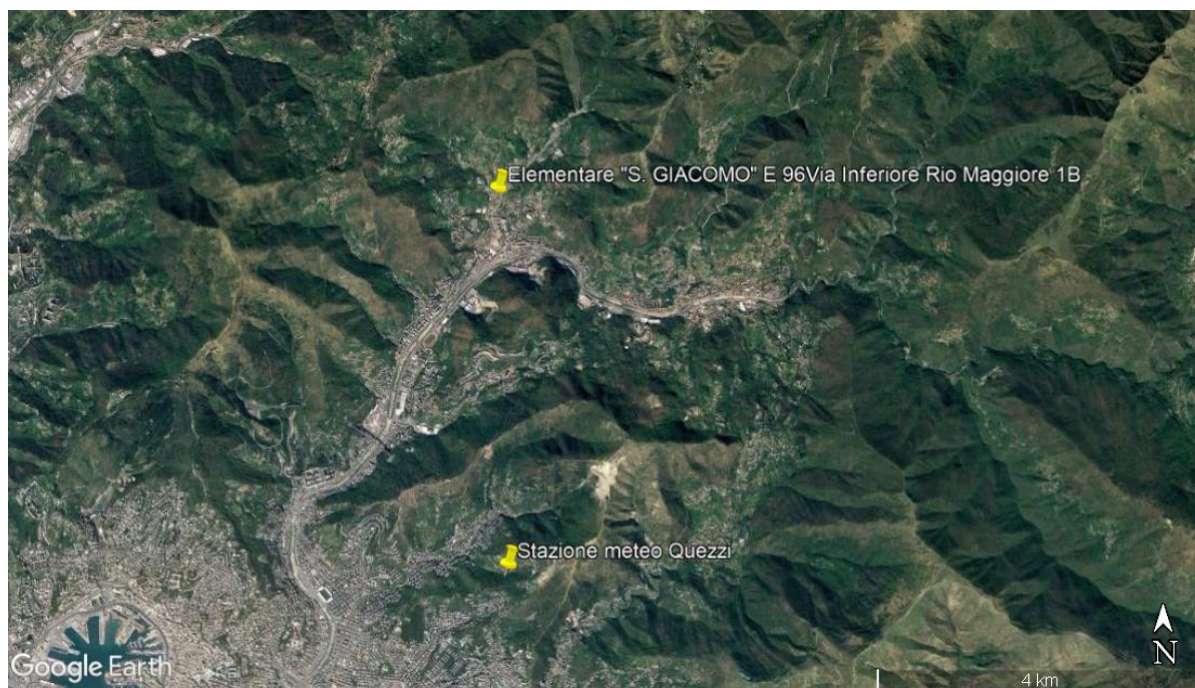
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 Genova - Quezzi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE (circa 3 km in linea d'aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell'aria e umidità relativa).

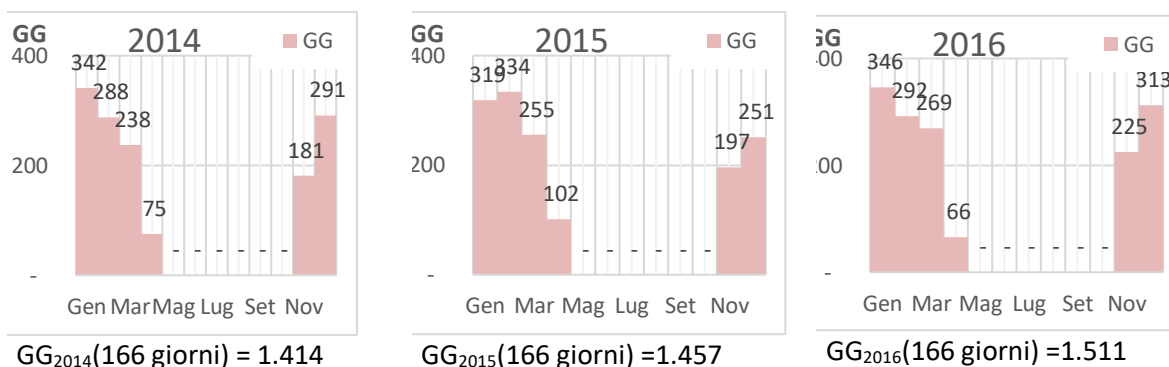
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

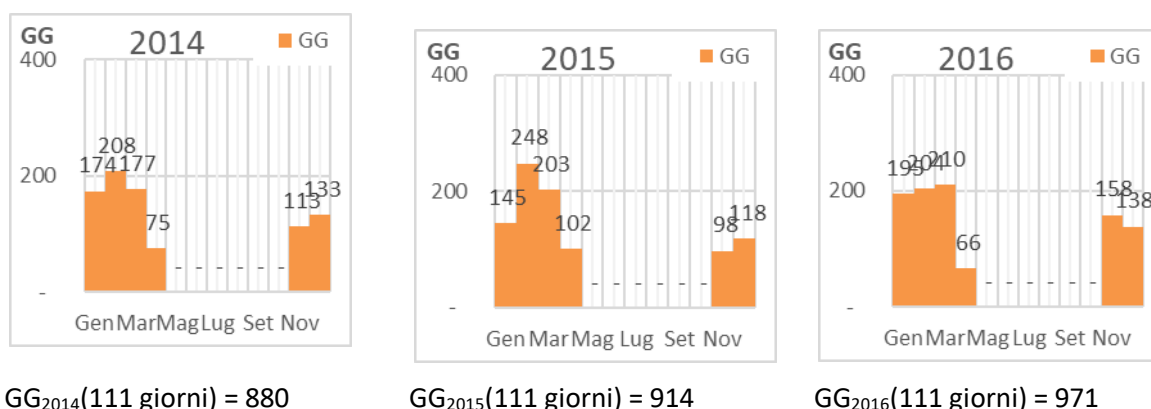


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 108 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 5.1.1.

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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico corpo di fabbrica strutturato in forma ad "S", caratterizzato da murature portanti, presumibilmente realizzate con 2 paramenti in laterizio ed intercapedine, debitamente intonacate sia al piano terra che al piano primo.

Figura 4.1 - Particolare dell'involucro murario al piano terra



Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio: l'involucro murario ha una media inerzia termica e quindi un discreto comportamento termico, tuttavia risulta insufficiente in quanto non presenta alcun tipo di isolamento.

Figura 4.2 - Particolari della facciata



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 termocamera Flir modello E8. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'**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/m ² K] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--------------------|--------|------------------|--------------|--|--|
| Copertura | COP1 | 31 | Non presente | 1,629 | Insufficiente – presenza infiltrazioni |
| Muratura Esterna | M1 | 50 | Non presente | 0,849 | Buono |

L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell'**ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT**.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di diversa tipologia:

Al Piano Terra e al Piano Primo gli infissi sono stati rinnovati quasi tutti e sono realizzati con telaio in alluminio a taglio termico e vetro camera.

La parte Ovest del Piano Terra (Palestra) invece presenta infissi più vecchi in legno e Singolo vetro ed altri in metallo e singolo vetro (Ingresso e scale). Lo stato di conservazione è molto buono per quanto riguarda tutti i nuovi serramenti, mentre risulta scarso sui serramenti non ancora sostituiti – tra l'altro alcuni di notevoli dimensioni - che causano elevate dispersioni termiche e creano un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti della palestra al Piano Terra



Figura 4.5 - Particolare dei nuovi serramenti del Piano Primo



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 Flir modello E8. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.6 – Rilievo termografico dei serramenti



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'**ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA**.

Dalle analisi effettuate e dalla modellazione termica sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | DIMENSIONI [LxH] [m] | TIPO TELAIO | TIPO VETRO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--------------------|--------|----------------------|-------------|---------------|------------------------------|------------------------|
| Serramento | F1 | 90x100 | PVC | Vetro doppio | 2,294 | Ottimo |
| Serramento | F2 | 130x170 | PVC | Vetro doppio | 2,208 | Ottimo |
| Serramento | F3 | 548x170 | LEGNO | Vetro SINGOLO | 4,446 | Mediocre |

| | | | | | | |
|------------------|-----|---------|---------|---------------|-------|----------|
| Serramento | F4 | 120x160 | LEGNO | Vetro SINGOLO | 4,901 | Mediocre |
| Serramento | F5 | 120x180 | PVC | Vetro doppio | 2,218 | Ottimo |
| Portone ingresso | PF6 | 360x273 | METALLO | Vetro SINGOLO | 6,036 | Ottimo |
| Serramento | F7 | 130X170 | PVC | Vetro DOPPIO | 2,208 | Ottimo |
| Serramento | F8 | 120X160 | PVC | Vetro camera | 2,230 | Ottimo |
| Serramento scale | F9 | 252x100 | METALLO | Vetro SINGOLO | 5,956 | Mediocre |

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | DIMENSIONI | TIPO TELAIO | TIPO VETRO | TRASMITTANZA | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--------------------|--------|--------------|-------------|---------------|--------------------|------------------------|
| | | [LxH] [m] | | | TERMICA [W/mqK] | |
| Serramento | F1 | 90x100 | PVC | Vetro doppio | 2,294 | Ottimo |
| Serramento | F2 | 130x170 | PVC | Vetro doppio | 2,208 | Ottimo |
| Serramento | F3 | 548x170 | LEGNO | Vetro SINGOLO | 4,446 | Mediocre |
| Serramento | F4 | 120x160 | LEGNO | Vetro SINGOLO | 4,901 | Mediocre |
| Serramento | F5 | 120x180 | PVC | Vetro doppio | 2,218 | Ottimo |
| Portone ingresso | PF6 | 360x273 | METALLO | Vetro SINGOLO | 6,036 | Ottimo |
| Serramento | F7 | 130X170 | PVC | Vetro DOPPIO | 2,208 | Ottimo |
| Serramento | F8 | 120X160 | PVC | Vetro camera | 2,230 | Ottimo |
| Serramento scale | F9 | 252x100 | METALLO | Vetro SINGOLO | 5,956 | Mediocre |

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 generatore a combustione: una caldaia a basamento posta nel locale caldaia per riscaldamento.

La centrale termica principale ha singola mandata con pompa gemellare e tre stacchi.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali:

Figura 4.7 - Particolare dei radiatori in ghisa

- Radiatori in ghisa



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

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

| ZONA TERMICA | TIPOLOGIA DI TERMINALE | RENDIMENTO |
|-------------------------|------------------------|------------|
| ZONA TERMICA PRINCIPALE | Radiatori | 94% |

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

| PIANO | TIPO DI INSTALLAZIONE | NUMERO | POTENZA TERMICA UNITARIA | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA | POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA | POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA |
|---------------|-----------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | | | [kW] | [kW] | [kW] | [kW] |
| Terra | Parete | 20 | 0,65 – 3,24 | 29,31 | 0 | 0 |
| Primo | Parete | 16 | 1,19 – 3,24 | 30,05 | 0 | 0 |
| TOTALE | | 36 | | 59,36 | 0 | 0 |

Le potenze dei terminali di emissione sono state ricavate dai dati forniti dalla PA, confrontati in sede di sopralluogo in maniera visiva secondo stime sulla tipologia di radiatore, la dimensione e il numero di elementi.

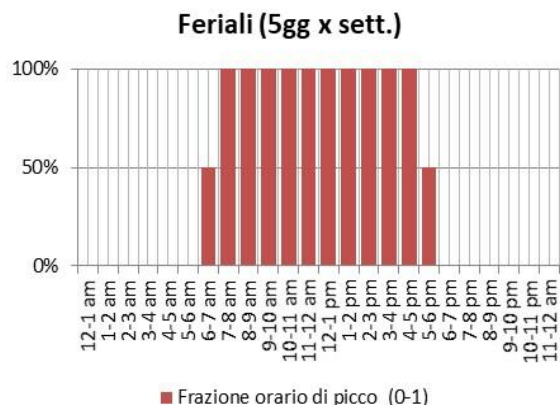
L'elenco delle tipologie dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'**ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT**.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C.

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

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica generale



Il dettaglio dei profili orari di funzionamento, rilevati in sede di sopralluogo, è riportato nella Sezione 12 dell'**ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT**.

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di riscaldamento per il corpo principale ha mandata con singola pompa gemellare con funzionamento alternato e tre stacchi.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

| SERVIZIO | N. | MARCA / MODELLO | POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW] |
|---------------------------------|----|-------------------|--|
| Circuito primario riscaldamento | 2 | SALMSON/DCX 50-25 | 0,38 |
| TOTALE | | | 0,76 |

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

| CIRCUITO | | | TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾ °C | TEMPERATURA CALCOLO °C |
|-----------------------------------|---------|-------|---|---------------------------|
| CIRCUITO PRINCIPALE RISCALDAMENTO | Mandata | Caldo | 68 ⁽¹⁾ | 70 ⁽²⁾ |
| | Ritorno | Caldo | 41 ⁽¹⁾ | 55 ⁽²⁾ |

Nota (1): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un sufficiente riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.9 – Indagini diagnostiche circuito di MANDATA e di RITORNO

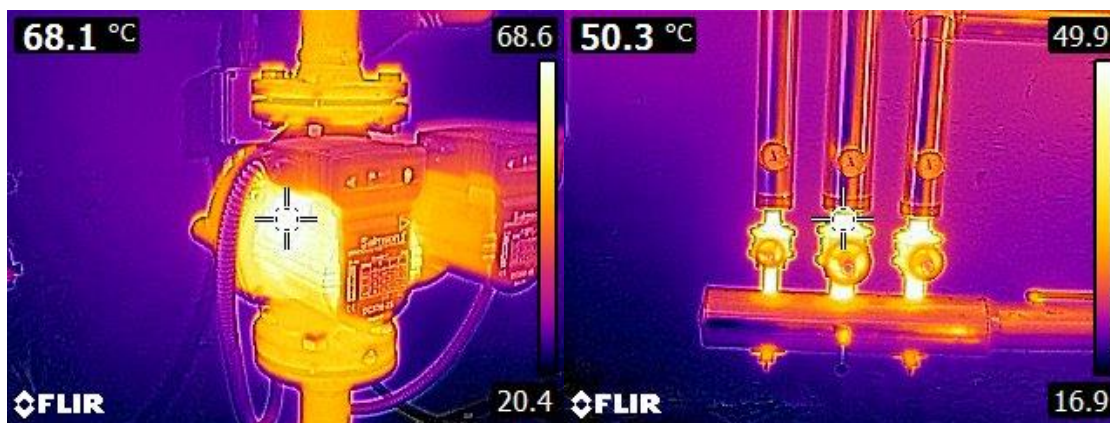
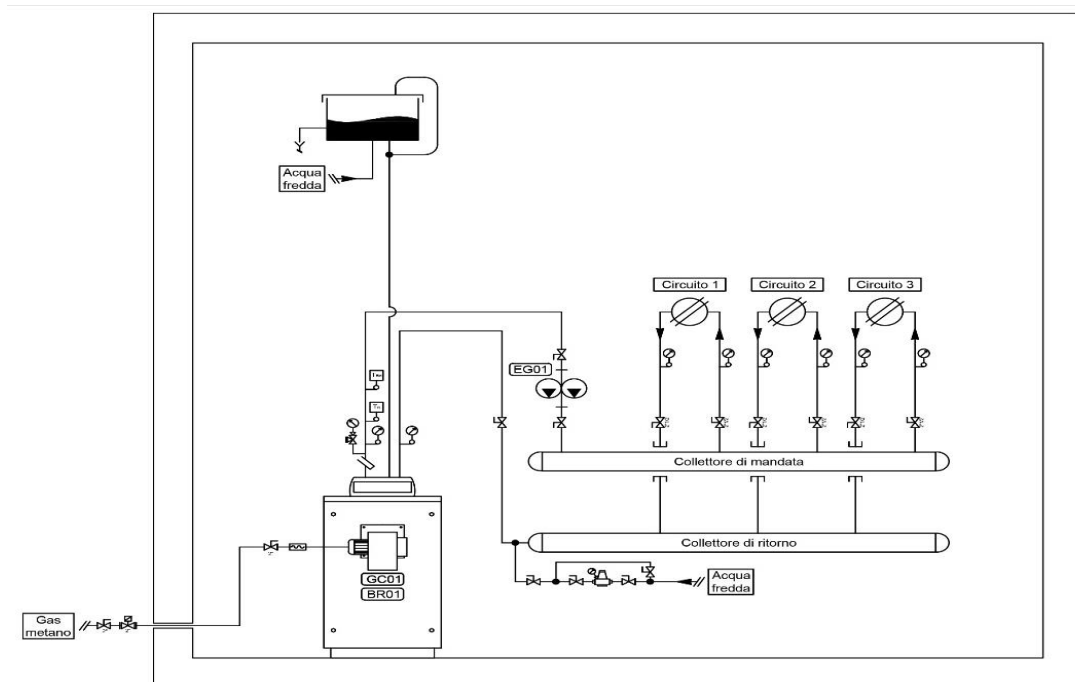


Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 024-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89.6%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica con una caldaia a basamento "UNICAL TRISECAL 3P 150" a servizio della scuola (solo riscaldamento).

Figura 4.11 - Particolare di caldaia a basamento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

| Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE [kW] | POTENZA TERMICA UTILE [kW] | RENDIMENTO |
|---------------------|--------|-----------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------|
| Gen 1 Riscaldamento | UNICAL | TRISECAL 3P 150 | 2001 | 161 | 150 | 89% |

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 89%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2.

Tale valore del rendimento è stato confrontato con i valori riportati sul Libretto di Impianto relativi ai risultati della prova fumi i cui valori risultano leggermente superiori (media 95,5%).

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite boiler elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici. I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

| Sottosistema di Erogazione | Sottosistema di Distribuzione | Sottosistema di Ricircolo | Sottosistema di Accumulo | Sottosistema di Generazione | Rendimento Globale medio stagionale |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 100% | 99% | na | 95% | 75%(*) | na |

(*) Rendimento calcolato come rapporto tra potenza termica erogata su potenza elettrica assorbita.

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**.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione per il regime estivo non è presente.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non esiste impianto per la ventilazione meccanica controllata

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate e sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE [W] | POTENZA COMPLESSIVA [W] | ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore] |
|-------------|--------------------|--------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Zona 1 | PC | 9 | 250 | 2250 | 16470 |
| Zona 1 | Frigorifero | 1 | 1000 | 1000 | 8040 |
| Zona 1 | Distributore caffè | 1 | 500 | 500 | 1340 |
| Zona 1 | Distributore snack | 1 | 500 | 500 | 8040 |
| Zona 1 | Microonde | 1 | 1000 | 1000 | 335 |
| Zona 1 | Stampanti | 2 | 500 | 1000 | 1830 |
| Zona 1 | Fotocopiatrice | 2 | 1500 | 3000 | 3350 |

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell'**ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT**.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA UNITARIA [W] | POTENZA COMPLESSIVA [W] |
|-------------|--------------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Zona 1 | Fluorescente | 78 | 72 | 5616 |
| Zona 1 | Fluorescente | 12 | 36 | 432 |

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**.

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade neon di diverse tipologie e taglie. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti installati a soffitto



Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

Non è presente un impianto Fotovoltaico.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale 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 [kWh/kg] | DENSITÀ [kWh/Sm ³] | PCI [kWh/Nm ³] | FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³] | PCI [kWh/Sm ³] |
|-------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Metano | n/a | n/a | 9,94 (*) | 1,0549 | 9,42 |
| Gasolio | 11,87 (*) | 0,85 | n/a | n/a | 10,09 |

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore a servizio dei seguenti utilizzi:

- N. 1 – 3270050351736 a servizio della Centrale termica per il riscaldamento

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di fornitura gas e manutenzione 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 | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---------------|---------------|-------------|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | [mc] metano | [lt] gasolio | [mc] | [mc] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| 3270050351736 | Riscaldamento | 4.162 | 3.410 | 6.433 | 7.186 | 73.608 | 60.597 | 67.692 |

Le fatture relative ai consumi termici non sono a disposizione della PA in quanto il contratto di fornitura del vettore energetico è in capo ad un soggetto terzo tramite appalto Servizio Integrato Energia. I consumi storici riportati sono desunti dal file *kyotoBaseline-EXXX rev09.xlsx*.

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.

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| Anno | Ggreali su 108 giorni reali di occupazione | GGRif | Consumo Reale [Smc] | Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc] | Fattore di conversione [Smc/Nmc] | Potere calorifico inferiore [kWh/Smc] | Consumo Reale [kWh] | Fattore di normalizzazione α_{rif} | Consumo normalizzato a 921 GG [kWh] |
|--------------|--|------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---|-------------------------------------|
| 2014 | 880 | 921 | 7.476 | 9,94 | 1,0549 | 9,42 | 73.608 | 83,7 | 77.087 |
| 2015 | 914 | 921 | 6.433 | 9,94 | 1,0549 | 9,42 | 60.597 | 66,3 | 61.107 |
| 2016 | 971 | 921 | 7.186 | 9,94 | 1,0549 | 9,42 | 67.692 | 69,7 | 64.220 |
| Media | 922 | 921 | 7.032 | | | | 67.299 | 73,0 | 67.286 |

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è piuttosto variabile: tale variabilità non va imputata alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto alla variabilità del livello di servizio all'interno degli ambienti.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

| GRANDEZZA | VALORE |
|---------------------------------|---------------|
| | [kWh] |
| \bar{Q}_{ACS} | 0 |
| \bar{Q}_{ALTRO} | 0 |
| $\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$ | 67.286 |

$Q_{baseline}$

67.286

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale è a servizio dei seguenti utilizzi:

- Piano Seminterrato – Centrale termica;
- Piano Terra – Aule, servizi igienici, sala medica;
- Primo Piano – Scuola Primaria: ingresso, refettorio, servizi igienici, aule, palestra.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

| POD | ZONA SERVITA | 2014 [kWh] | 2015 [kWh] | 2016 [kWh] | MEDIA [kWh] |
|----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|
| IT001E00122561 | NR | 12.533 | 10.268 | 11.834 ^(*) | 11.545 |
| TOTALE | | 12.533 | 10.268 | 11.834^(*) | EEbaseline 11.545 |

Nota (*) A causa della mancanza di diverse fatture, alcuni consumi mancanti dell'anno 2016 sono stati ricavati mediante riproporzionamento dei consumi del mese corrispondente nell'anno precedente.

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file *kyotoBaseline-EXXXX_rev09.xlsx*) ed è emerso un leggero scostamento dei consumi rilevati dalle fatture rispetto a quanto elaborato nel suddetto file per i singoli anni, ma non sulla media dei tre anni:

| ANNI | 2014 [kWh] | 2015 [kWh] | 2016 [kWh] | MEDIA [kWh] |
|---|---------------|---------------|---------------|--------------------------|
| | 10.671 | 10.952 | 13.157 | 11.593 |
| VALORI TOTALI da kyotoBaseline-EXXXX | 10.671 | 10.952 | 13.157 | EEbaseline 11.593 |

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 11.545 kWh.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00122561 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 14 | 808 | 124 | 141 | 1.073 |
| Feb - 14 | 831 | 100 | 108 | 1.039 |
| Mar - 14 | 714 | 106 | 126 | 946 |
| Apr - 14 | 631 | 87 | 126 | 844 |
| Mag - 14 | 560 | 103 | 191 | 854 |

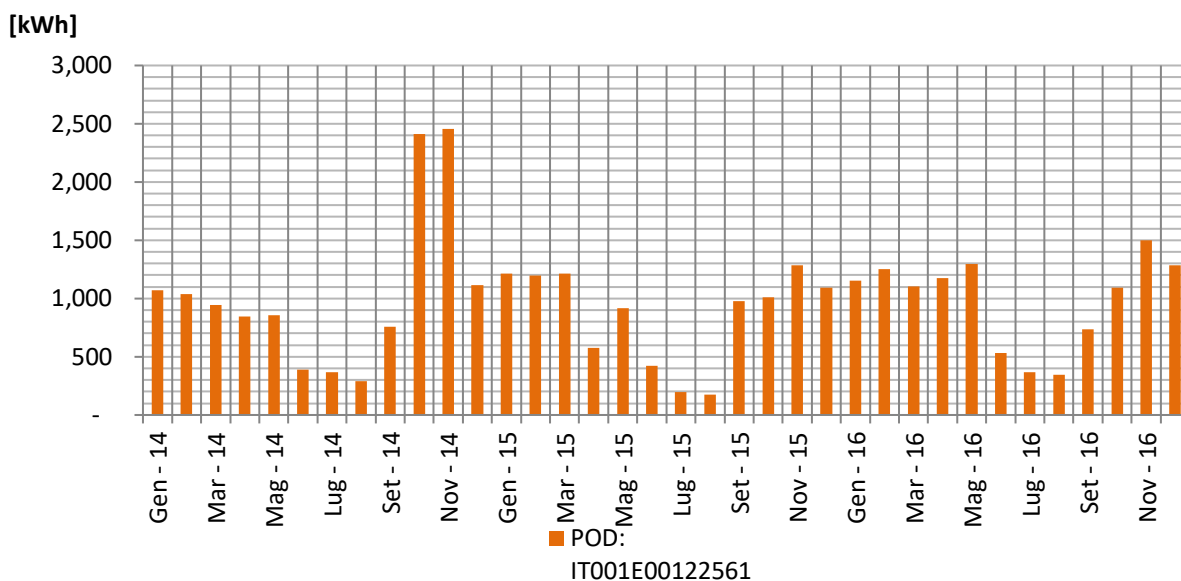
E96 Scuola Elementare San Giacomo

| | | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Giu - 14 | 212 | 60 | 116 | 388 |
| Lug - 14 | 144 | 82 | 141 | 367 |
| Ago - 14 | 96 | 66 | 126 | 288 |
| Set - 14 | 504 | 109 | 142 | 755 |
| Ott - 14 | 1.932 | 226 | 254 | 2.412 |
| Nov - 14 | 1.871 | 229 | 353 | 2.453 |
| Dic - 14 | 827 | 125 | 162 | 1.114 |
| Totale | 9.130 | 1.417 | 1.986 | 12.533 |
| POD: IT001E00122561 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 15 | 910 | 138 | 168 | 1.216 |
| Feb - 15 | 913 | 136 | 148 | 1.197 |
| Mar - 15 | 940 | 130 | 141 | 1.211 |
| Apr - 15 | 401 | 71 | 102 | 574 |
| Mag - 15 | 591 | 119 | 205 | 915 |
| Giu - 15 | 233 | 66 | 121 | 420 |
| Lug - 15 | 71 | 44 | 79 | 194 |
| Ago - 15 | 60 | 38 | 76 | 174 |
| Set - 15 | 696 | 131 | 151 | 978 |
| Ott - 15 | 719 | 135 | 156 | 1.010 |
| Nov - 15 | 971 | 145 | 170 | 1.286 |
| Dic - 15 | 769 | 131 | 193 | 1.093 |
| Totale | 7.274 | 1.284 | 1.710 | 10.268 |
| POD: IT001E00122561 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 16 | 830 | 138 | 184 | 1.152 |
| Feb - 16 | 929 | 158 | 164 | 1.251 |
| Mar - 16 | 786 | 142 | 176 | 1.104 |
| Apr - 16 | 706 | 172 | 295 | 1.173 |
| Mag - 16 | 875 | 169 | 252 | 1.296 |
| Giu - 16 | 264 | 98 | 172 | 534 |
| Lug - 16 | 125 | 88 | 154 | 367 |
| Ago - 16 | 119 | 78 | 148 | 345 |
| Set - 16 | 492 | 116 | 125 | 733 |
| Ott - 16 | 765 | 159 | 171 | 1.095 |
| Nov - 16 | 1.085 | 191 | 223 | 1.499 |
| Dic - 16 | 859(*) | 173 | 253 | 1.285 |
| Totale | 7.835 | 1.682 | 2.317 | 11.834 |

Nota (*) A causa della mancanza di diverse fatture, alcuni consumi mancanti dell'anno 2016 sono stati ricavati mediante riproporzionamento dei consumi del mese corrispondente nell'anno precedente.

Considerando la presenza di più POD a servizio dell'edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.1 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il 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.

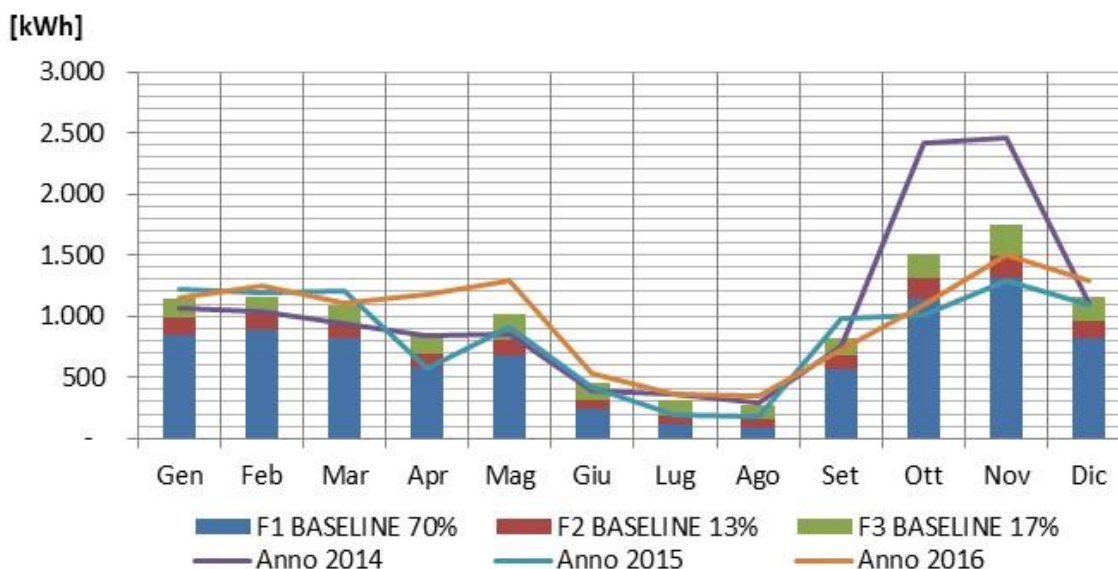
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|----------|-------|-------|-------|--------|
| Mese | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen | 849 | 133 | 164 | 1.147 |
| Feb | 891 | 131 | 140 | 1.162 |
| Mar | 813 | 126 | 148 | 1.087 |
| Apr | 579 | 110 | 174 | 864 |
| Mag | 675 | 130 | 216 | 1.022 |
| Giu | 236 | 75 | 136 | 447 |
| Lug | 113 | 71 | 125 | 309 |
| Ago | 92 | 61 | 117 | 269 |
| Set | 564 | 119 | 139 | 822 |
| Ott | 1.139 | 173 | 194 | 1.506 |
| Nov | 1.309 | 188 | 249 | 1.746 |
| Dic | 818 | 143 | 203 | 1.164 |
| Totale | 8.080 | 1.461 | 2.004 | 11.545 |

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – 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 costanti per i tre anni, fatta eccezione per l'ultimo trimestre dell'anno 2014.

Si nota la presenza di un consumo di base anche nei mesi estivi, dovuto in parte agli oneri di consumo fissi in parte alla presenza di personale addetto all'amministrazione all'interno della scuola anche nei mesi estivi.

Non è stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici, in quanto l'utenza non è monitorata sul portale della società di distribuzione.

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 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

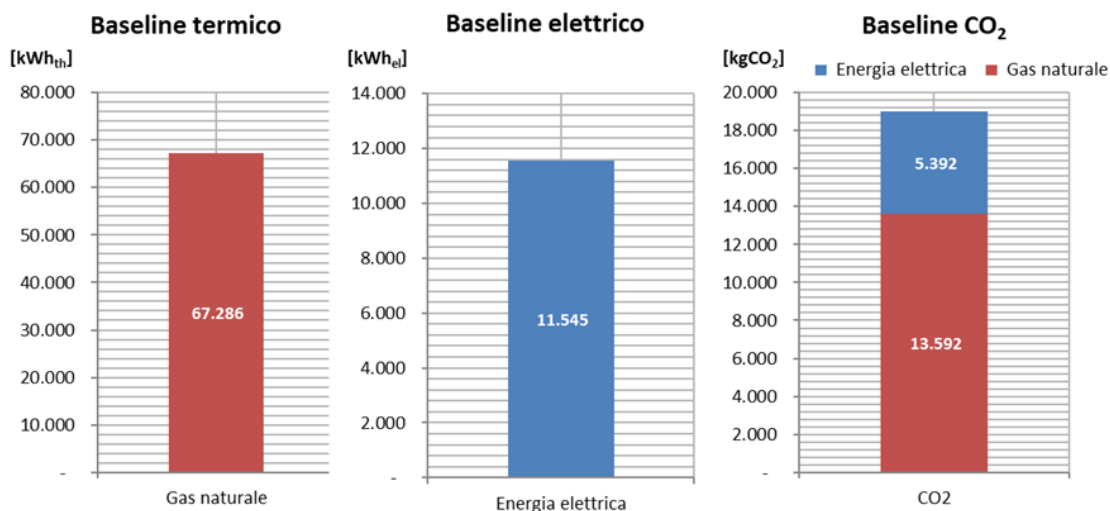
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.9 e nella Figura 5.3

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE | EMISSIONI DI CO ₂ |
|--------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|
| | [kWh] | [kgCO ₂ /kWh] | [kgCO ₂] |

| | | | |
|-------------------|--------|-------|---------------|
| Gas naturale | 67.286 | 0,202 | 13.592 |
| Energia elettrica | 11.545 | 0,467 | 5.392 |
| TOTALE | | | 18.983 |

 Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e 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 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO | | VALORE | U.M. |
|-----------|---|--------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta riscaldata | 810 | m ² |
| FATTORE 2 | Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) | 955 | m ² |
| FATTORE 3 | Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate) | 4.076 | m ³ |

Nella Tabella 5.12 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

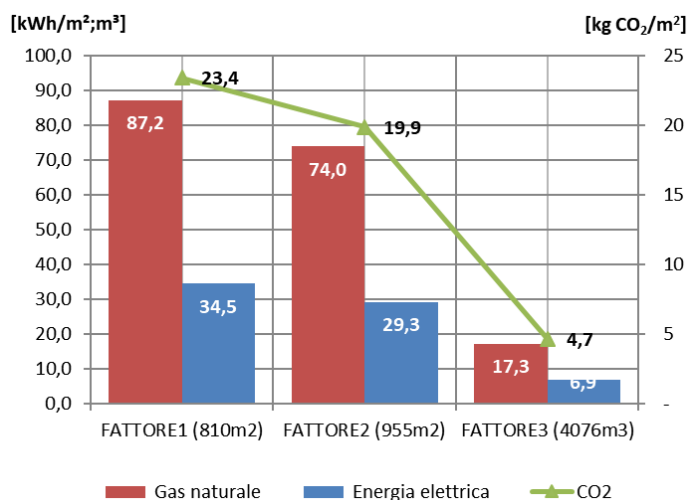
Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE | FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--------------------------------|---|------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 |
| | [kWh/anno] | | [kWh/anno] | [kWh/m ²] | [kWh/m ²] | [kWh/m ³] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ³] |

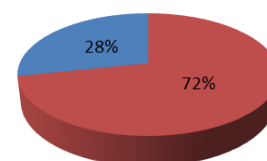
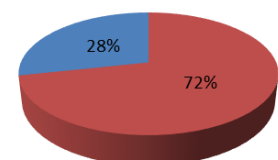
| | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|------|---------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Gas naturale | 67.286 | 1,05 | 70.650 | 87,2 | 74,0 | 17,3 | 16,78 | 14,23 | 3,33 |
| Energia elettrica | 11.545 | 2,42 | 27.939 | 34,5 | 29,3 | 6,9 | 6,66 | 5,65 | 1,32 |
| TOTALE | | | 98.589 | 118 | 103 | 24 | 23 | 20 | 5 |

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

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE | FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA A NON RINN. | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--------------------------------|--|---------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 |
| | [kWh/anno] | | [kWh/anno] | [kWh/m ²] | [kWh/m ²] | [kWh/m ³] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 67.286 | 1,05 | 70.650 | 87,2 | 74,0 | 17,3 | 16,78 | 14,23 | 3,33 |
| Energia elettrica | 11.545 | 1,95 | 22.513 | 27,8 | 23,6 | 5,5 | 6,66 | 5,65 | 1,32 |
| TOTALE | | | 93.163 | 112 | 98 | 23 | 23 | 20 | 5 |

 Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile risaldata

 Figura 5.5 – 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 5.14 – Indicatori di performance energetici

| COMBUSTIBILE | IEN _R | | | IEN _E | | |
|-------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|------|------|
| | Wh/(m ³ GG anno) | | | Wh/(m ³ anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 18,2 | 14,9 | 15,6 | na | na | na |
| Energia elettrica | na | na | na | 22,6 | 23,1 | 27,8 |

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per tutti gli indici risulta una prestazione insufficiente, fatta eccezione per gli indici relativi al riscaldamento per gli anni 2015 e 2016, che sono risultati sufficienti.

Per i dettagli sulle valutazioni effettuate vedere l'Allegato M.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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 | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 165,51 | 156,26 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 121,25 | 120,6 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | 0,31 | 0,25 |
| Ventilazione | EP_v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP_c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP_L | kWh/mq anno | 43,95 | 35,41 |
| Trasporto di persone e cose | EP_T | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO_{2eq} | Kg/mq anno | 31,73 | 31,73 |

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 |
|-----------------------------|------------------------|------------|
| | [m ³ /anno] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale | 9.630 | - |
| Energia Elettrica | - | 15.937 |

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni 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) | $E_T + E_{altro}^{(*)}$ |
| Perdite al trasformatore | $E_{trasf}^{(*)}$ |
| Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili | $E_{exp,el}$ |

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor facendo riferimento alle norme.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando gli orari di effettivo utilizzo degli impianti.

Nella Tabella 6.4 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 | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 133,03 | 125 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 94,31 | 93,8 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | 0,37 | 0,3 |

| | | | | |
|--|-------------------|-------------|-------|------|
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP _l | kWh/mq anno | 38,35 | 30,9 |
| Trasporto di persone e cose | EP _t | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 25,4 | 25,4 |

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)

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | CONSUMO |
|-----------------------------|-----------|------------|
| | [mc/anno] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale | 7.490 | - |
| Energia Elettrica | - | 11.477 |

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

| $Q_{teorico}$ | $Q_{baseline}$ | Congruità |
|---------------|----------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 67.876 | 67.286 | 1% |

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello valutato in "Modalità adattata all'utenza" risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 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)

| $EE_{teorico}$ | $EE_{baseline}$ | Congruità |
|----------------|-----------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 11.477 | 11.545 | 1% |

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

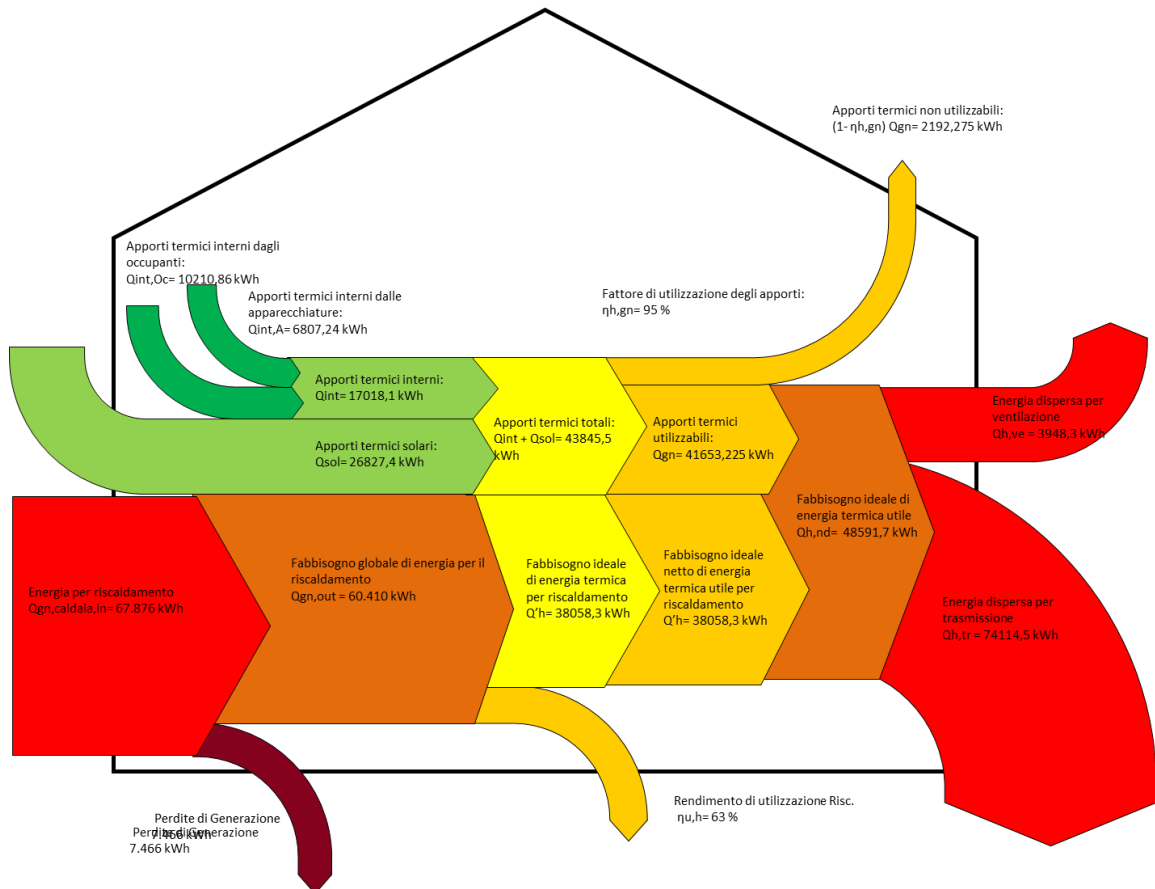
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

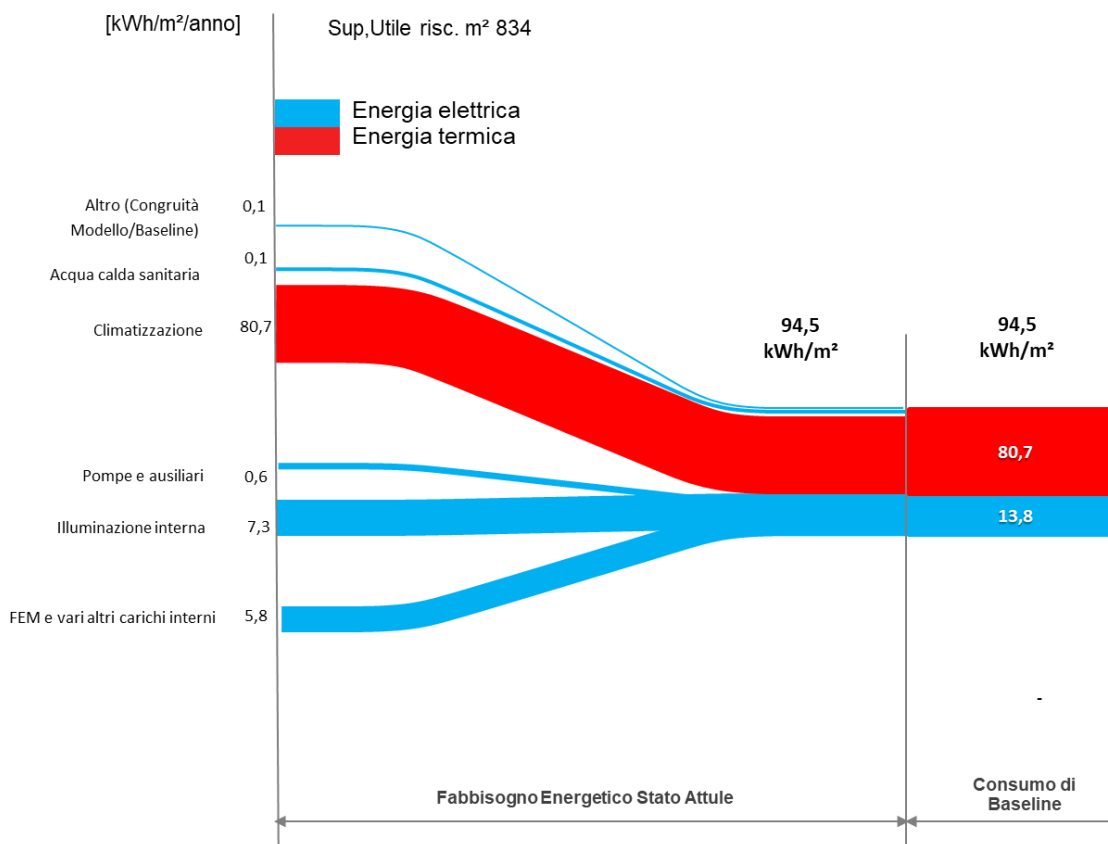
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione, dovute alla caldaia obsoleta, non sono trascurabili e contribuiscono alla dispersione energetica dell'edificio. Si osserva inoltre che la quota di energia dispersa per trasmissione è superiore a quella dispersa per ventilazione, vista la scarsa capacità di isolamento dell'involucro.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio allo stato attuale



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 – Congruit "   valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline.

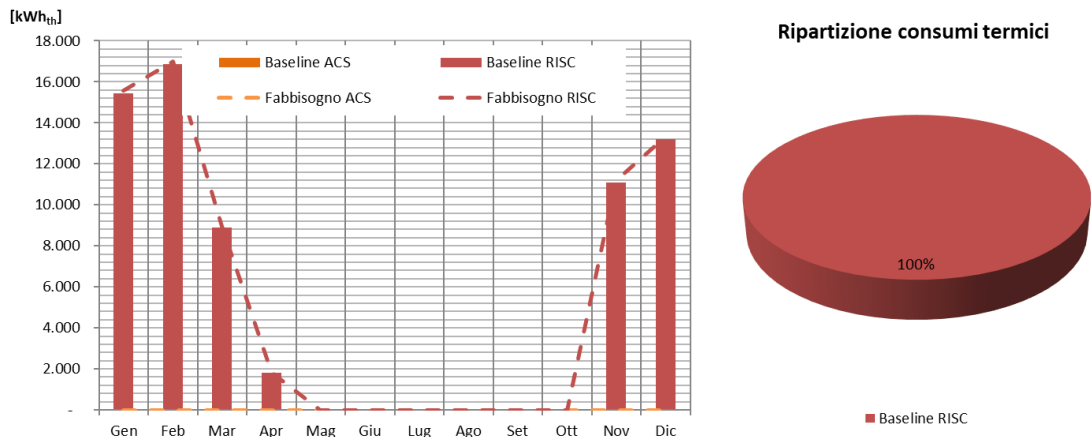
Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruit " 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 pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  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   riportato in Figura 6.3.

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



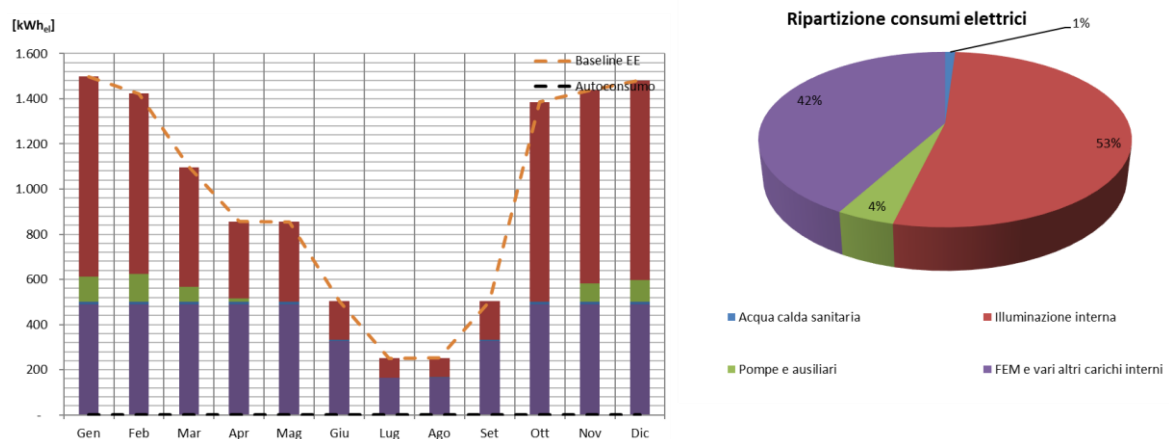
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti, pertanto gli interventi migliorativi proposti dal punto di vista elettrico, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite il PDR 3270050351736, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270050351736: 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;

Per le forniture di gas metano gestite 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).

Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

| PDR: | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|-------------------|----------------|
| | | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [kWh] | [€/kWh] |
| Gen - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Feb - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Mar - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Apr - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Mag - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Giu - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Lug - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Ago - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Set - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Ott - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Nov - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Dic - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Totale | - | - | - | - | - | - | - | #DIV/0! |
| PDR: | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO |



| ANNO 2015 | PARTE FISSA | | PARTE VARIABILE | | | [€] | [KWh] | (IVA INCLUSA) |
|---------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|--------|-------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | | | [€/kWh] |
| Gen - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Feb - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Mar - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Apr - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Mag - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Giu - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Lug - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Ago - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Set - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Ott - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Nov - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Dic - 15 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Totale | - | - | - | - | - | - | - | #DIV/0! |
| PDR: | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWh] | [€/kWh] |
| Gen - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Feb - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Mar - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Apr - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Mag - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Giu - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Lug - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Ago - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Set - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Ott - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Nov - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Dic - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | - | - |
| Totale | - | - | - | - | - | - | - | #DIV/0! |

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

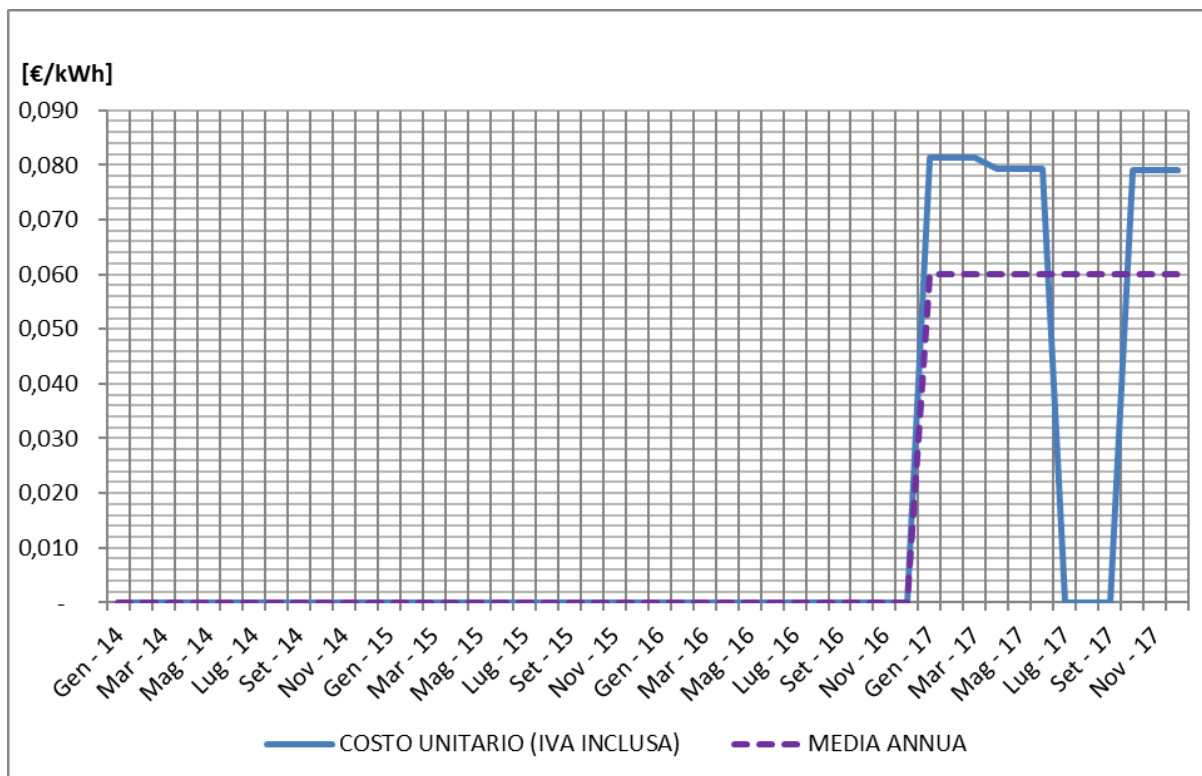
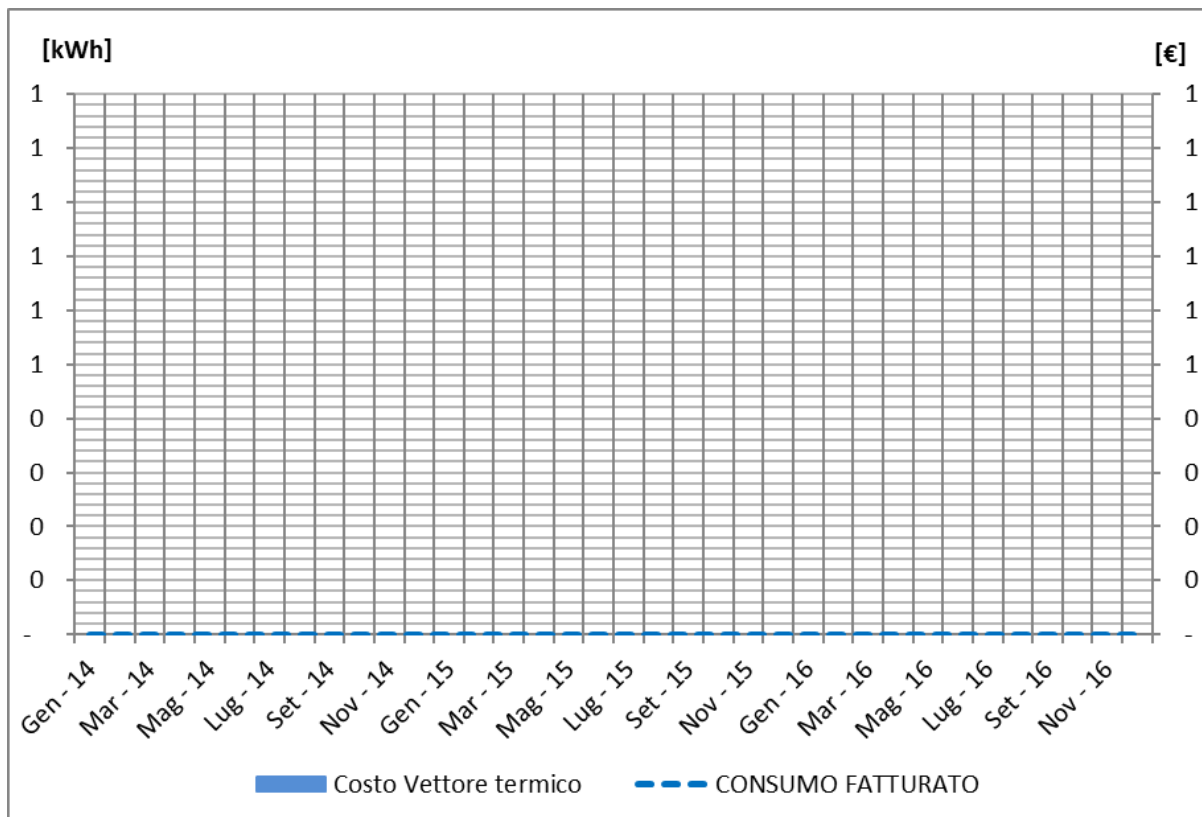


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite [un contratto POD], come di seguito elencato:

- POD 1 IT001E00122561: 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 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00097363 | 2014 | 2015 | 2015 | 2016 | 2016 |
|--|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| Indirizzo di fornitura | | | | | |
| Dati di intestazione fattura | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova |
| Società di fornitura | Edison | Edison | Gala | Gala | Iren |
| Inizio periodo fornitura | 01/01/2014 | 01/01/2015 | 01/04/2015 | 01/01/2016 | 01/04/2016 |
| Fine periodo fornitura | 31/12/2014 | 31/03/2015 | 31/12/2015 | 31/03/2016 | 31/12/2016 |
| Potenza elettrica impegnata | 6,00 kW | 6,00 kW | 6,00 kW | 6,00 kW | 6,00 kW |
| Potenza elettrica disponibile | 6,00 kW | 6,00 kW | 6,00 kW | 6,00 kW | 6,60 kW |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT | Forniture in BT | Utenza altri usi | Utenza altri usi | Altri usi |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁾ | Genova-2013-NEW | Genova-2013-NEW | CONSIP EE12 - Lotto 2 | CONSIP EE12 - L2 - delibera | CONSIP13 VERDE - L0390 |
| Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾ | 0,176 | 0,176 | 0,216 | 0,242 | 0,242 |

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che la fornitura aderisce al mercato libero. Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

| POD: IT001E00122561 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|---------------------|------------------------------------|---|---------------------|---------------------|--------|----------------------|------------------------------------|
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 14 | 89 | 12 | 112 | 14 | 23 | 250 | 1.073 | 0,233 |
| Feb - 14 | 83 | 12 | 105 | 13 | 22 | 235 | 1.039 | 0,226 |
| Mar - 14 | 77 | 12 | 100 | 12 | 21 | 221 | 946 | 0,234 |
| Apr - 14 | 66 | 12 | 95 | 11 | 19 | 203 | 844 | 0,240 |
| Mag - 14 | 65 | 12 | 95 | 11 | 19 | 202 | 854 | 0,237 |
| Giu - 14 | 29 | 12 | 53 | 5 | 10 | 109 | 388 | 0,281 |
| Lug - 14 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | - | 367 | - |
| Ago - 14 | 20 | 12 | 44 | 4 | 8 | 88 | 288 | 0,307 |
| Set - 14 | 58 | 12 | 86 | 9 | 17 | 182 | 755 | 0,241 |
| Ott - 14 | 84 | 12 | 115 | 13 | 23 | 247 | 2.412 | 0,102 |

E96 Scuola Elementare San Giacomo

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---|---|---------------------|------------|---------------|------------------------------|---|
| Nov - 14 | 82 | 12 | 113 | 13 | 23 | 243 | 2.453 | 0,099 |
| Dic - 14 | 83 | 12 | 115 | 14 | | 224 | 1.114 | 0,201 |
| Totale | 736 | 132 | 1.034 | 119 | 184 | 2.205 | 12.533 | 0,176 |
| POD: IT001E00122561 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 15 | 88 | 13 | 122 | 15 | | 238 | 1.216 | 0,196 |
| Feb - 15 | 83 | 13 | 117 | 15 | 24 | 251 | 1.197 | 0,210 |
| Mar - 15 | 81 | 13 | 114 | 15 | 24 | 248 | 1.211 | 0,204 |
| Apr - 15 | 50 | 15 | 48 | 7 | | 120 | 574 | 0,209 |
| Mag - 15 | 47 | 15 | 55 | 8 | | 125 | 915 | 0,136 |
| Giu - 15 | 52 | 15 | 54 | 8 | | 129 | 420 | 0,307 |
| Lug - 15 | 44 | 15 | 45 | 7 | | 111 | 194 | 0,572 |
| Ago - 15 | 45 | 15 | 47 | 7 | | 114 | 174 | 0,656 |
| Set - 15 | 44 | 15 | 47 | 7 | | 113 | 978 | 0,116 |
| Ott - 15 | 85 | 15 | 53 | 7 | | 161 | 1.010 | 0,160 |
| Nov - 15 | 45 | 31 | 100 | 16 | | 192 | 1.286 | 0,150 |
| Dic - 15 | 194 | 77 | 113 | 29 | | 412 | 1.093 | 0,377 |
| Totale | 860 | 250 | 915 | 141 | 49 | 2.214 | 10.268 | 0,216 |
| POD: IT001E00122561 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 16 | 82 | 31 | 65 | 14 | | 192 | 1.152 | 0,167 |
| Feb - 16 | 57 | 15 | 83 | 12 | | 168 | 1.251 | 0,134 |
| Mar - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | | - | 1.104 | - |
| Apr - 16 | 135 | 60 | 209 | 31 | 43 | 478 | 1.173 | 0,407 |
| Mag - 16 | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | Fattura mancante | | 478 | 1.296 | 0,369 |
| Giu - 16 | 31 | 23 | 53 | 7 | 11 | 125 | 534 | 0,235 |
| Lug - 16 | 26 | 22 | 40 | 5 | 9 | 101 | 367 | 0,276 |
| Ago - 16 | 22 | 22 | 39 | 4 | 9 | 96 | 345 | 0,279 |
| Set - 16 | 53 | 25 | 66 | 9 | 15 | 169 | 733 | 0,230 |
| Ott - 16 | 89 | 29 | 94 | 14 | 23 | 248 | 1.095 | 0,227 |
| Nov - 16 | 134 | 33 | 124 | 19 | 31 | 341 | 1.499 | 0,227 |
| Dic - 16 | 139 | 37 | 56 | 149 | 84 | 465 | 1.285 | 0,362 |
| Totale | 769 | 296 | 829 | 264 | 225 | 2.860 | 11.834 | 0,242 |

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

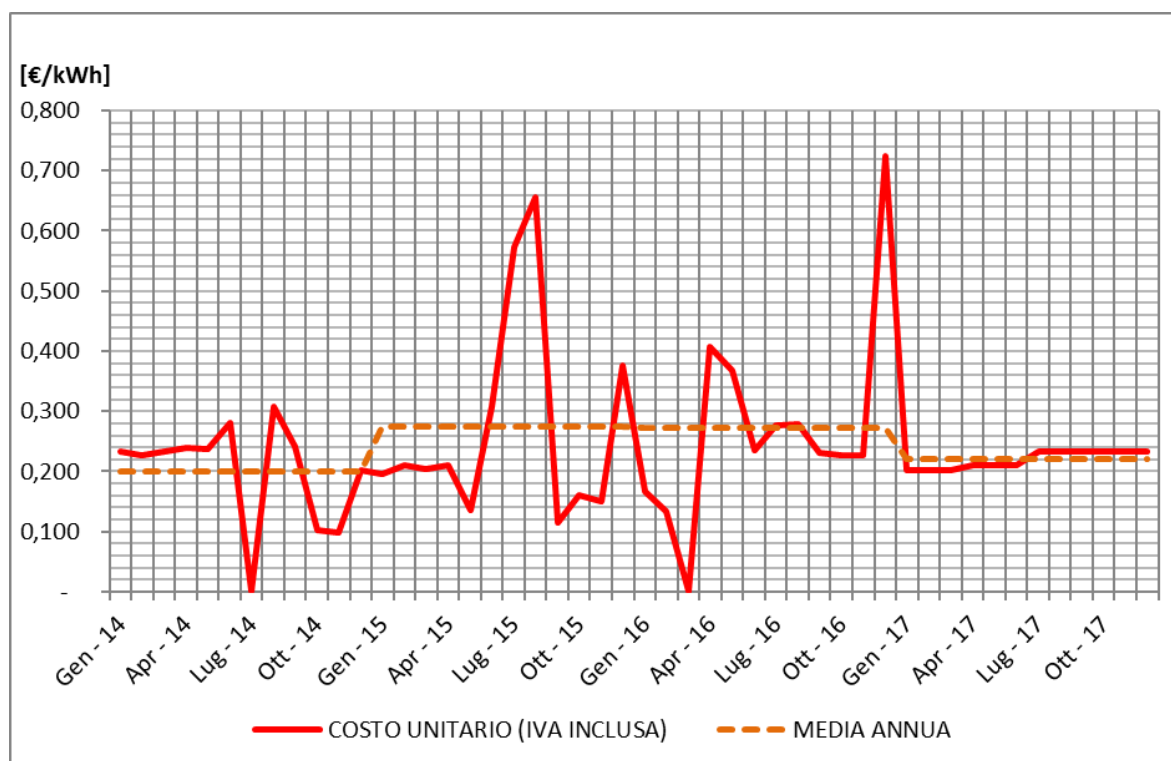
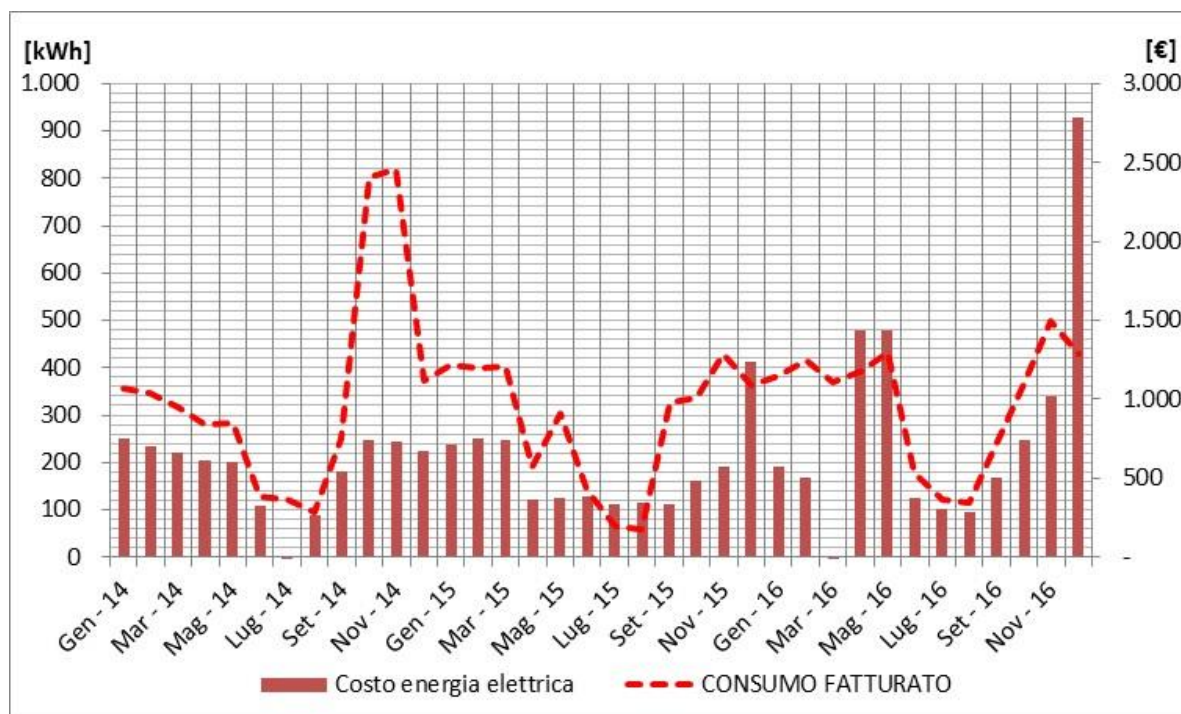


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è stato molto variabile.

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO | VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | TOTALE |
|-------|-----------------|-----|---------|-------------------|-------|---------|--------|
| | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [€] |
| 2014 | - | - | - | 12.533 | 2.205 | 0,176 | 12.533 |
| 2015 | - | - | - | 10.268 | 2.214 | 0,216 | 10.268 |
| 2016 | - | - | - | 11.834 | 2.860 | 0,242 | 11.834 |
| 2017 | - | - | 0,074 | - | - | 0,234 | - |
| Media | - | - | 0,074 | 11.545 | 2.426 | 0,217 | 11.545 |

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 individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione | | Valore | U.M. |
|---------------------------------------|--|------------------|---------------|
| Costo unitario dell'energia termica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | C _{UQ} | 0,081 [€/kWh] |
| Costo unitario dell'energia elettrica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | C _{UEE} | 0,220 [€/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:

- L042-024: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 13.340 €.

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 7.6.

Tabella 7.6 – 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} 6.257 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | C_{MS} 1.663 | [€/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:

$$C_E = Q_{baseline} \times C_{uQ} + EE_{baseline} \times C_{uEE}$$

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

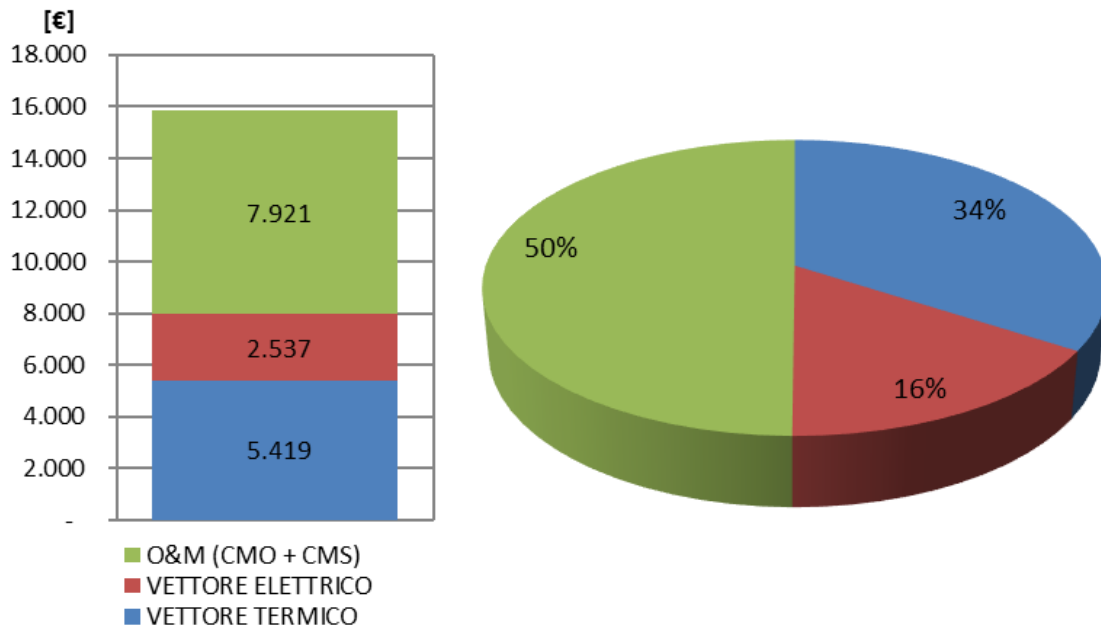
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 7.957 e un $C_{baseline}$ pari a € 15.877

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

| VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | | | TOTALE |
|-----------------|----------|-------|-------------------|-----------|----------|---------------------------|----------|----------|-------------|
| $Q_{baseline}$ | C_{uQ} | C_Q | $EE_{baseline}$ | C_{uEE} | C_{EE} | C_M | C_{MO} | C_{MS} | $CQ+CEE+CM$ |
| [kWh] | [€/kWh] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] |
| 67.286 | 0,081 | 5.419 | 11.545 | 0,220 | 2.537 | 7.921 | 6.257 | 1.663 | 15.877 |

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: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle superfici disperdenti delimitanti il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 8.1 – Esempio tipo di coibentazione a cappotto



Figura 8.2 – Esempio di isolamento del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'applicare uno strato di materiale isolante direttamente in corrispondenza dell'involucro esterno, sia esso verticale o orizzontale. Per la sua realizzazione è necessario valutare che il sovraccarico causato dalla posa dei pannelli sia compatibile con la struttura e che il piano di posa sia impermeabilizzato.

L'isolamento costituisce una tecnica di retrofit per ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro edilizio e per migliorare il comfort termico ed acustico degli utenti; si ottiene il miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un isolamento fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente, evitando la formazione di condensa e muffe sulla superficie interna. Lo strato isolante verrà posizionato quando possibile oltre lo strato resistente, in modo tale da proteggerlo dagli sbalzi termici, da sfruttarne l'inerzia termica e da diminuire il rischio di condensa interstiziale.

La copertura risulta essere in buono stato manutentivo, con guaina isolante che non presenta infiltrazioni e deterioramenti. Per questo motivo il solaio di copertura verrà isolato dall'interno, soluzione ritenuta fattibile dall'elevata altezza interpiano, e conveniente dal punto di vista economico.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di pannelli isolanti caratterizzati da ridotta conducibilità termica, elevata densità e buona permeabilità alla diffusione del vapore acqueo, al fine di ottenere una trasmittanza termica contenuta ed una buona permeabilità al vapore. L'intervento permette di ottenere riduzioni nei valori di trasmittanza termica fino all'80% - 90%, in relazione al tipo di isolamento realizzato.

Andrà inoltre verificata l'assenza di formazione di condensa.

Prestazioni raggiungibili

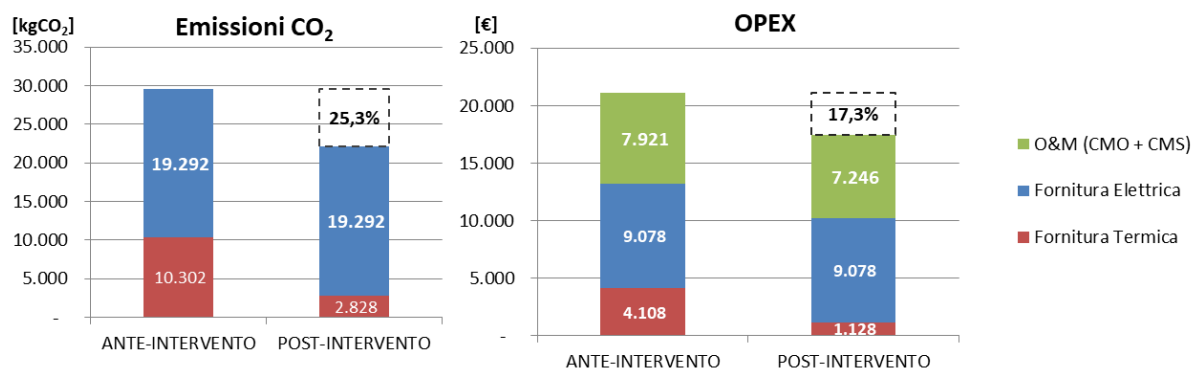
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM1- Trasmittanza media parete | [W/m ² K] | 0,85 | 0,26 | 69,4% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 67.876 | 18.635 | 72,5% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 11.477 | 11.477 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 51.000 | 14.002 | 72,5% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 41.310 | 41.310 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.302 | 2.828 | 72,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 19.292 | 19.292 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 29.594 | 22.120 | 25,3% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 4.108 | 1.128 | 72,5% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 9.078 | 9.078 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 13.186 | 10.206 | 22,6% |
| C _{MO} | [€] | 6.257 | 5.666 | 9,5% |
| C _{MS} | [€] | 1.663 | 1.580 | 5,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 7.921 | 7.246 | 8,5% |
| OPEX | [€] | 21.106 | 17.452 | 17,3% |
| Classe energetica | [-] | G | D | +3 classi |

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. Inoltre il cappotto garantirà minor presenza di umidità e condensa.

Figura 8.3 – EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM2: Sostituzione degli infissi esterni

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esterni non ancora sostituiti che delimitano il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 8.4 – Esempio del vecchio tipo di infissi presenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nella sostituzione degli infissi esistenti con altri di uguale forma e dimensione ma con elevate prestazioni termiche.

La scelta sarà orientata anche sulla base delle caratteristiche estetiche e formali degli infissi esistenti. In questo caso la sostituzione avverrà con infissi (finestra o portafinestra) in PVC completo di vetrocamera ad alte prestazioni termiche, con valore massimo di trasmittanza $U=1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$, apertura ad una o due ante o a vasistas, il colore a scelta della DL in accordo con la Committenza.

Si otterrà un miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un infisso più performante fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente e che l'infisso ed il muro abbiano una maggiore continuità nel mantenimento della temperatura ambiente richiesta, inoltre si eviterà la formazione di condensa sui vetri diminuendo l'umidità dell'ambiente.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di infisso compatibili anche formalmente con l'aspetto dell'edificio. La posa dovrà avvenire da parte di personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

Prestazioni raggiungibili

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

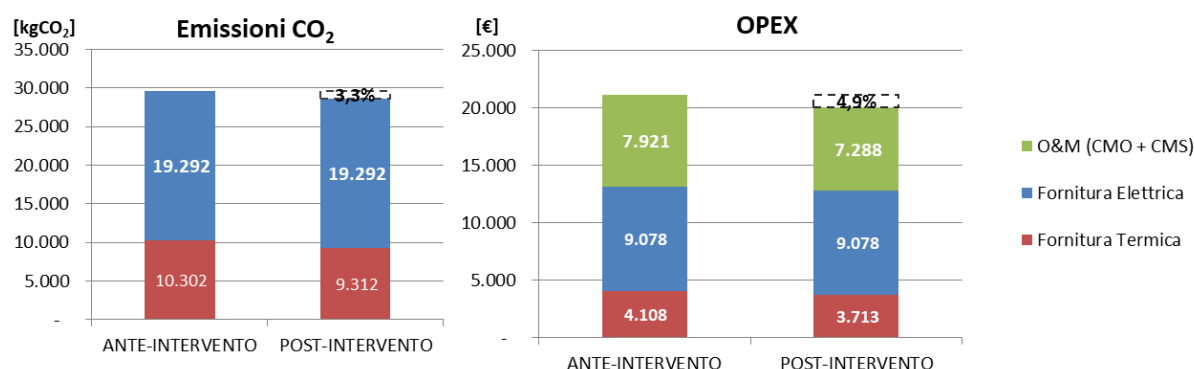
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione degli infissi esterni

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM 2 - Trasmittanza INFISSI | [W/m ² K] | 5,33 | 1,65 | 69,0% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 67.876 | 61.355 | 9,6% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 11.477 | 11.477 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 51.000 | 46.100 | 9,6% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 41.310 | 41.310 | 0,0% |

| | | | | |
|--|---------------------------|---------------|---------------|-------------|
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.302 | 9.312 | 9,6% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 19.292 | 19.292 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 29.594 | 28.604 | 3,3% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 4.108 | 3.713 | 9,6% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 9.078 | 9.078 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 13.186 | 12.791 | 3,0% |
| C _{MO} | [€] | 6.257 | 5.738 | 8,3% |
| C _{MS} | [€] | 1.663 | 1.550 | 6,8% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 7.921 | 7.288 | 8,0% |
| OPEX | [€] | 21.106 | 20.079 | 4,9% |
| Classe energetica | [-] | G | G | +0 classi |

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. I nuovi infissi inoltre avranno minori infiltrazioni, gli ambienti avranno minore presenza di polvere ed umidità.

Figura 8.5 – EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM3: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

Generalità

Il fabbisogno energetico necessario alla climatizzazione è fortemente dipendente dal volume che necessita di essere riscaldato e/o raffreddato.

L'installazione sull'involucro di soluzioni architettoniche che consentano la diminuzione della cubatura che necessita di climatizzazione possono contribuire notevolmente alla diminuzione del fabbisogno di energia necessaria in proposito.

Tali soluzioni dovranno sempre tener conto del comfort e del benessere degli utenti dell'edificio, rispettando i limiti architettonici imposti dalle vigenti normative in campo di salute e sicurezza.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'installare un sistema di controsoffittatura ove consentito dall'altezza dei locali.

La controsoffittatura consente di diminuire il volume riscaldato e/o raffrescato senza compromettere il comfort interno dei locali, permettendo dunque una diminuzione del fabbisogno energetico necessario per la climatizzazione.

L'intervento prevede quindi l'installazione di un controsoffitto nelle aule, nei corridoi e nei bagni.

La superficie dove sarà possibile installare il controsoffitto si estende per 834 mq, e i pannelli verranno installati a quote diverse, al fine di rendere l'altezza utile dei locali pari a 3m. La conseguente diminuzione del volume riscaldato sarà del 30% circa.

Descrizione dei lavori

È prevista l'installazione di una struttura composta da profilati in acciaio su cui verrà applicato il controsoffitto in cartongesso.

Figura 8.6 - Particolare installazione controsoffitti



Prestazioni raggiungibili

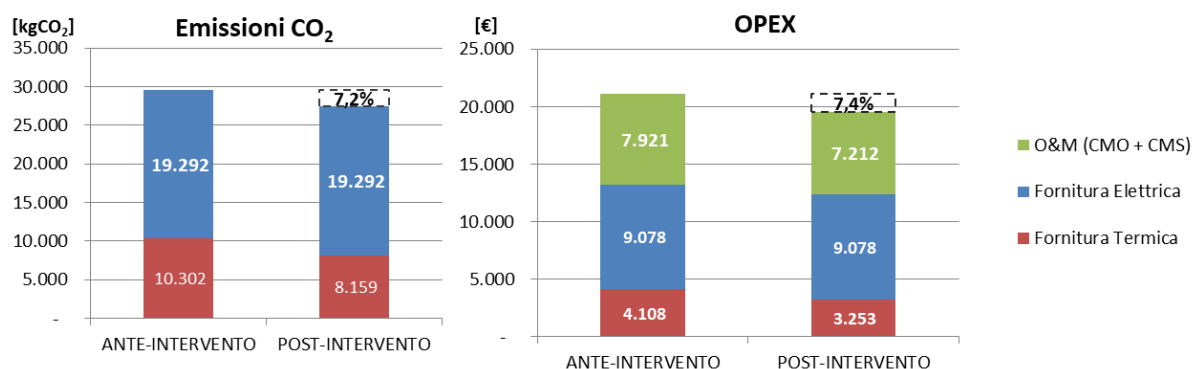
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 - Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM3- Volume riscaldato | [m ³] | 3920 | 2630 | 32,9% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 67.876 | 53.757 | 20,8% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 11.477 | 11.477 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 51.000 | 40.391 | 20,8% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 41.310 | 41.310 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.302 | 8.159 | 20,8% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 19.292 | 19.292 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 29.594 | 27.451 | 7,2% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 4.108 | 3.253 | 20,8% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 9.078 | 9.078 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 13.186 | 12.331 | 6,5% |
| C _{MO} | [€] | 6.257 | 5.569 | 11,0% |
| C _{MS} | [€] | 1.663 | 1.580 | 5,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 7.921 | 7.149 | 9,7% |
| OPEX | [€] | 21.106 | 19.480 | 7,7% |
| Classe energetica | [-] | G | G | +0 classi |

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.7 – EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

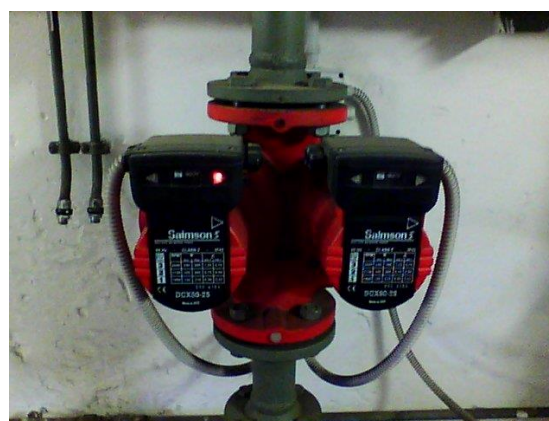
Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

Figura 8.8 – Esempio di valvola termostatica



Figura 8.9 – Particolare delle pompe di circolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio talvolta superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Pompe inverter:

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione dei motori consente di modificare l'effettiva portata dei circolatori alimentati in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consente primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter per ogni motore dei circolatori sul circuito permetterà all'impianto di seguire la curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo eventuali valvole e trasduttori di gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dai motori e si potrà adattare la velocità delle pompe al carico termico richiesto istantaneo. Gli inverter preposti alla funzione dovranno essere dotati di controllo vettoriale di tensione, ed essere atti all'impiego con pompe in ambiente industriale. Con l'uso degli inverter, la portata viene regolata, variando il numero di giri.

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Per quanto riguarda la regolazione sulle pompe di distribuzione alle utenze si provvederà a mantenere costante il salto termico mandata/ritorno adattando così la portata al carico termico richiesto.

Prestazioni raggiungibili

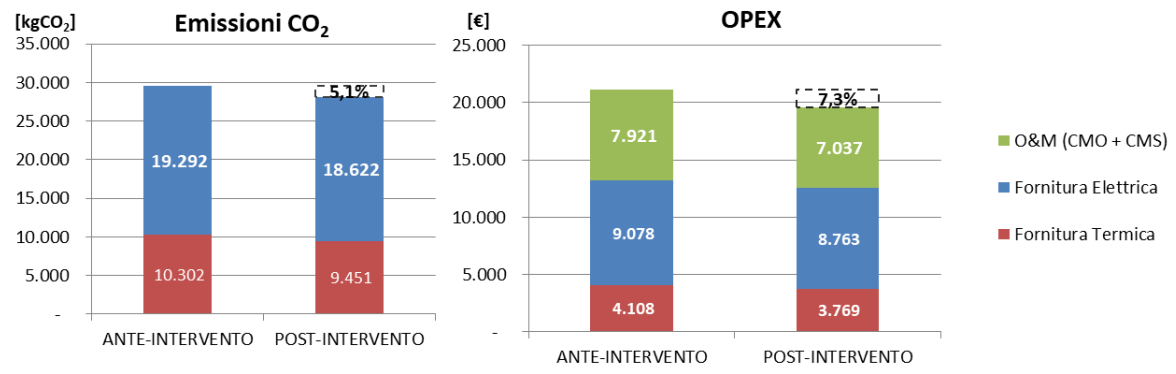
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM4- Rendimento di regol. + Distribuzione | % | 92 | 99 | -7,6% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 67.876 | 62.273 | 8,3% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 11.477 | 11.079 | 3,5% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 51.000 | 46.790 | 8,3% |
| $EE_{baseline}$ | [kWh] | 41.310 | 39.877 | 3,5% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.302 | 9.451 | 8,3% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 19.292 | 18.622 | 3,5% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 29.594 | 28.074 | 5,1% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 4.108 | 3.769 | 8,3% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 9.078 | 8.763 | 3,5% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 13.186 | 12.532 | 5,0% |
| C _{MO} | [€] | 6.257 | 5.481 | 12,4% |
| C _{MS} | [€] | 1.663 | 1.555 | 6,5% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 7.921 | 7.037 | 11,2% |
| OPEX | [€] | 21.106 | 19.568 | 7,3% |

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.10– EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM5: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore (attualmente pari a circa l'87%). Inoltre, essendo l'attuale generatore piuttosto vetusto, con il tempo cresce il rischio di possibili rotture e quindi la sostituzione si configura come un intervento di manutenzione preventiva.

Figura 8.11 - Particolare del generatore di calore attualmente installato



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede il rifacimento completo della centrale termica.

In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.).

Descrizione dei lavori

L'installazione deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

Prestazioni raggiungibili

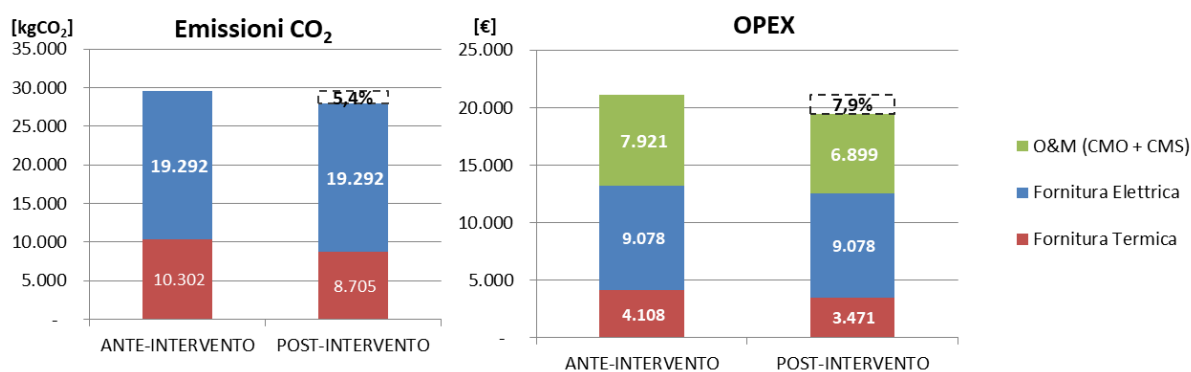
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 - Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM5 - Rendimento generatore | % | 89 | 105 | -18,0% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 67.876 | 57.355 | 15,5% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 11.477 | 11.477 | 0,0% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 51.000 | 43.095 | 15,5% |
| $EE_{baseline}$ | [kWh] | 41.310 | 41.310 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.302 | 8.705 | 15,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 19.292 | 19.292 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 29.594 | 27.997 | 5,4% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 4.108 | 3.471 | 15,5% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 9.078 | 9.078 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 13.186 | 12.549 | 4,8% |
| C_{MO} | [€] | 6.257 | 5.319 | 15,0% |
| C_{MS} | [€] | 1.663 | 1.580 | 5,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 7.921 | 6.899 | 12,9% |
| OPEX | [€] | 21.106 | 19.448 | 7,9% |
| Classe energetica | [-] | G | G | +0 classi |

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.12 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM6: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistente.

Figura 8.13 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 45-50% della potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.6.

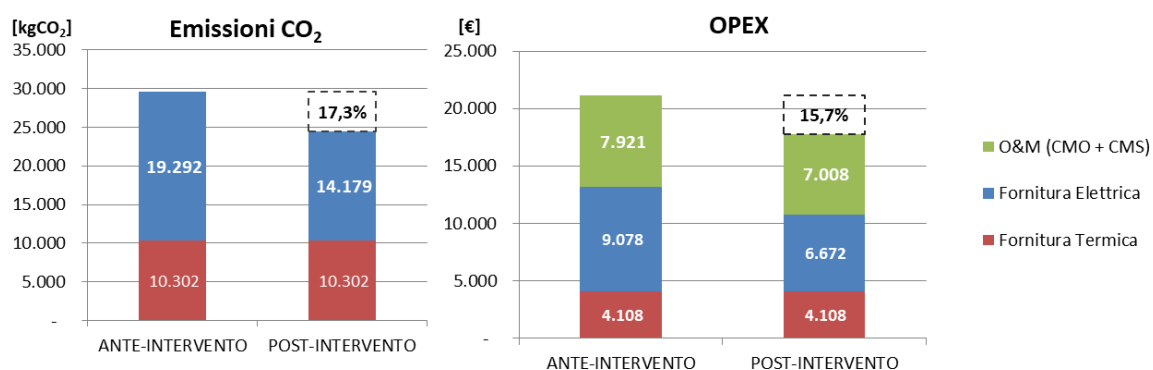
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6 – Installazione impianto di illuminazione LED

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM6- Potenza installata per Illuminazione | W | 6048 | 3326,4 | 45,0% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 67.876 | 67.876 | 0,0% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 11.477 | 8.436 | 26,5% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 51.000 | 51.000 | 0,0% |
| $EE_{baseline}$ | [kWh] | 41.310 | 30.363 | 26,5% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.302 | 10.302 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 19.292 | 14.179 | 26,5% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 29.594 | 24.481 | 17,3% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 4.108 | 4.108 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 9.078 | 6.672 | 26,5% |

| | | | | |
|--|------------|---------------|---------------|--------------|
| Fornitura Energia, C_e | [€] | 13.186 | 10.780 | 18,2% |
| C _{MO} | [€] | 6.257 | 5.594 | 10,6% |
| C _{MS} | [€] | 1.663 | 1.414 | 15,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 7.921 | 7.008 | 11,5% |
| OPEX | [€] | 21.106 | 17.788 | 15,7% |
| Classe energetica | [-] | G | G | +0 classi |

Il risparmio sulla manutenzione deriverà dalla maggiore longevità dell'impianto costituito da lampade a led, che non necessitano di manutenzione.

Figura 8.14 – EEM6: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

Per la stima dei costi degli interventi, è stato utilizzato il Prezzario della Regione Liguria 2018 e, per le sole voci di prezzo ivi mancanti, il prezzario DEI Ristrutturazioni 2015 e DEI Impianti Elettrici 2017 cui sono stati applicati:

- Una riduzione del 10% sui prezzi unitari, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, inclusa in seguito nel PEF della ESCO;
- Un incremento del 3% sui prezzi unitari, per oneri legati alla sicurezza;
- Un incremento del 7% sui prezzi unitari, per oneri legati alla progettazione.

La stima degli importi per gli incentivi è stata calcolata secondo quanto previsto dal Decreto Interministeriale del 16 febbraio 2016 (Conto Termico).

EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione a cappotto dell'involucro esterno.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

| DESCRIZIONE | FORTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO [€/m²cm] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m²cm] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|----------------|---------------------------|----------|-------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| PR.A17.D01.010 | Prezzario Regione Liguria | 13730 | m2*cm | € 3,49 | € 3,14 | € 43.125,93 | 22% | € 52.613,63 |
| PR.A02.A20.600 | Prezzario Regione Liguria | 923 | kg | € 0,82 | € 0,74 | € 681,17 | 22% | € 831,03 |
| PR.A02.A25.010 | Prezzario Regione Liguria | 461,5 | kg | € 0,49 | € 0,44 | € 203,52 | 22% | € 248,30 |
| 95.B10.S10.010 | Prezzario Regione Liguria | 923 | m2 | € 14,28 | € 12,85 | € 11.862,40 | 22% | € 14.472,12 |



E96 Scuola Elementare San Giacomo

Montaggio, smontaggio
e noleggio per il primo
mese di utilizzo.

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------------|-----|-----|---|-------|---------|-------------------|------------|--------------------|--|
| 25.A05.E10.015 | Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni, pietra o calcestruzzo | Prezzario Regione Liguria | 923 | m2 | € | 7,23 | € 6,51 | € 6.005,96 | 22% | € 7.327,27 | |
| 25.A54.A30.010 | Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa. | Prezzario Regione Liguria | 923 | m2 | € | 4,81 | € 4,33 | € 3.995,67 | 22% | € 4.874,71 | |
| AT.N20.S20.040 | Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m. | Prezzario Regione Liguria | 18 | cad | € | 39,97 | € 35,97 | € 647,51 | 22% | € 789,97 | |
| 25.A54.B40.010 | Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4. | Prezzario Regione Liguria | 450 | m2 | € | 23,79 | € 21,41 | € 9.634,95 | 22% | € 11.754,64 | |
| 20.A54.B10.010 | Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa. | Prezzario Regione Liguria | 450 | m2 | € | 4,80 | € 4,32 | € 1.944,00 | 22% | € 2.371,68 | |
| 20.A90.A20.010 | Tinteggiatura di superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani). | Prezzario Regione Liguria | 923 | m2 | € | 6,06 | € 5,45 | € 5.034,04 | 22% | € 6.141,53 | |
| 20.A90.B20.010 | Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani) | Prezzario Regione Liguria | 450 | m2 | € | 6,95 | € 6,26 | € 2.814,75 | 22% | € 3.434,00 | |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | | € 2.578,50 | 22% | € 3.145,77 | |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | | € 6.016,49 | 22% | € 7.340,12 | |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | | | € 94.545 | 22% | € 115.345 | |
| Incentivi | | [Conto termico] | | | | | | | | € 46.137,91 | |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 | | | |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 9.227,58 | | | |

EEM2: Sostituzione degli infissi esterni

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nella sostituzione degli infissi esterni.

Sono stati considerati per la sostituzione solo gli infissi presenti del vecchio tipo con telaio in legno e vetro singolo.

La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, in quanto è previsto l'accesso solo in concomitanza dell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione degli infissi esterni

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|----------------------------|----------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| 25.A05.H01.100 Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²) | Prezziario Regione Liguria | 43 | m2 | € 39,61 | € 35,65 | € 1.532,91 | 22% | € 1.870,15 |
| PR.A23.A30.010 Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas | Prezziario Regione Liguria | 43 | m2 | € 328,90 | € 296,01 | € 12.728,43 | 22% | € 15.528,68 |
| PR.A23.B10.020 Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno. | Prezziario Regione Liguria | 26,22975 | m | € 7,59 | € 6,83 | € 179,18 | 22% | € 218,59 |
| 25.A15.C10.020 Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco | Prezziario Regione Liguria | 6,45 | m3 | € 11,77 | € 10,59 | € 68,32 | 22% | € 83,36 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 435,27 | 22% | € 531,02 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 1.015,62 | 22% | € 1.239,05 |
| TOTALE (I₀ – EEM2) | | | | | | € 15.960 | 22% | € 19.471 |

EEM3: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di controsoffitti.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 - Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE |
|--|---------------------------|----------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------|-----------------|
| | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [€] | [€] |
| B55004a Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autoperforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti: | DEI - ristruttur. 2015 | 834 | m2 | € 28,96 | € 26,06 | € 21.737,38 | 22% | € 26.519,60 |
| 20.A90.B20.010 Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani) | Prezzario Regione Liguria | 834 | m2 | € 6,95 | € 6,26 | € 5.216,67 | 22% | € 6.364,34 |
| AT.N20.S20.040 Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m. | Prezzario Regione Liguria | 33 | cad | € 39,97 | € 35,97 | € 1.200,06 | 22% | € 1.464,07 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 844,62 | 22% | € 1.030,44 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 1.970,79 | 22% | € 2.404,36 |
| TOTALE (I₀ – EEM3) | | | | | | € 30.970 | 22% | € 37.783 |

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe funzionanti a numeri di giri variabile per permettere una regolazione in portata.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE |
|---|---------------------------|----------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------|-----|------------|
| | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [€] | [€] |
| Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm | Prezzario Regione Liguria | 36 | cad | € 35,42 | € 31,88 | € 1.147,61 | 22% | € 1.400,08 |
| Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 32, PN6-10, prevalenza da 1 a 7 m, portata da 1 a 7 m ³ /h | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 1.070,19 | € 963,17 | € 963,17 | 22% | € 1.175,07 |

Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm

| | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----|-----|------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 63,62 | € 57,26 | € 57,26 | 22% | € 69,85 |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 15 | h | € 31,88 | € 28,69 | € 430,38 | 22% | € 525,06 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 78,57 | 22% | € 95,85 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 183,32 | 22% | € 223,65 |
| TOTALE (I₀ – EEM4) | | | | | | € 2.881 | 22% | € 3.514 |

EEM5: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione del generatore di calore con un altro ad alta efficienza.

La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, in quanto è previsto l'accesso solo in concomitanza dell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|--|---------------------------|----------|------|---|--|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| PR.C76.B10.010 Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 150 Kw circa | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 8.918,25 | € 8.026,43 | € 8.026,43 | 22% | € 9.792,24 |
| PR.C84.C05.505 Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 179,63 | € 161,67 | € 161,67 | 22% | € 197,23 |



| | | | | | | | | | |
|----------------|--|---------------------------|----|------|----------|----------|----------|-----|----------|
| | tenuta Coppa di scarico condensa Ø 180 mm | | | | | | | | |
| 40.C10.B10.110 | Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore fino a 100 Kw | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 239,08 | € 215,17 | € 215,17 | 22% | € 262,51 |
| PR.C76.A30.020 | Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m | Prezzario Regione Liguria | 5 | cad | € 21,13 | € 19,02 | € 95,09 | 22% | € 116,00 |
| PR.C76.A30.015 | Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 28,46 | € 25,61 | € 25,61 | 22% | € 31,25 |
| 40.F10.H10.030 | Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 120,60 | € 108,54 | € 108,54 | 22% | € 132,42 |
| 40.F10.H10.040 | Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 29,71 | € 26,74 | € 26,74 | 22% | € 32,62 |
| PR.C74.C10.010 | Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 146,74 | € 132,07 | € 132,07 | 22% | € 161,12 |
| PR.C74.E05.030 | Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 76,47 | € 68,82 | € 68,82 | 22% | € 83,96 |
| RU.M01.A01.030 | Opere edili Operaio Qualificato | Prezzario Regione Liguria | 15 | h | € 34,41 | € 30,97 | € 464,54 | 22% | € 566,73 |
| RU.M01.E01.020 | Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 15 | h | € 31,88 | € 28,69 | € 430,38 | 22% | € 525,06 |
| 20.A15.B10.015 | Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km. | Prezzario Regione Liguria | 50 | m³km | € 4,72 | € 4,25 | € 212,40 | 22% | € 259,13 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 299,02 | 22% | € 364,81 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 697,72 | 22% | € 851,22 |

| | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|------------|---------------------------|
| TOTALE (I₀ – EEM5) | € 10.964 | 22% | € 13.376 |
|--------------------------------------|---------------------------|------------|---------------------------|

EEM6: Installazione di impianto di illuminazione a led

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

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

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 - Installazione di impianto di illuminazione a led

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO | PREZZO | TOTALE | IVA | TOTALE |
|---|-------------------------------|----------|------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------|-------------------|
| | | | | UNITARIO | UNITARIO | (IVA | ESCLUSA) | IVA |
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| 045161b Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm | DEI Imp. Ele. 2017 | 78 | cad | € 156,66 | € 140,99 | € 10.997,53 | 22% | € 13.416,99 |
| 045129b Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm | DEI Imp. Ele. 2017 | 12 | cad | € 98,61 | € 88,75 | € 1.064,99 | 22% | € 1.299,29 |
| 045161c Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm | DEI Imp. Ele. 2017 | 0 | cad | € 185,06 | € 166,55 | € - | 22% | € - |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 361,88 | 22% | € 441,49 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 844,38 | 22% | € 1.030,14 |
| TOTALE (I₀ – EEM6) | | | | | | € 13.269 | 22% | € 16.188 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 6.475,16 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 1.295,03 |

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

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– Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 115.345 |
| 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 | 9.228 |
| Durata incentivo | n _B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 1,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 27,9 | 15,9 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 37,1 | 20,7 |
| Valore attuale netto | VAN | - 22.764 | 20.730 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 0,3% | 4,0% |
| Indice di profitto | IP | -0,20 | 0,18 |

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

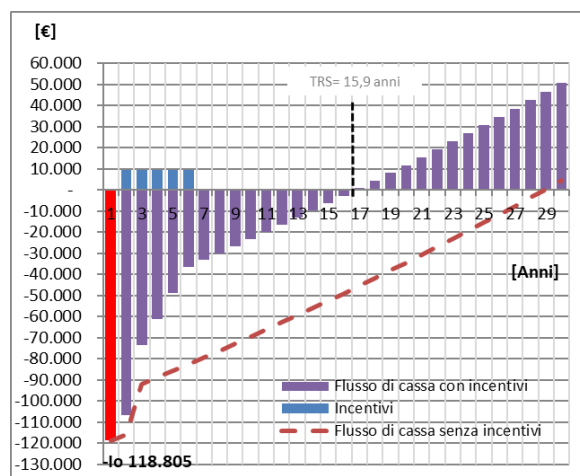
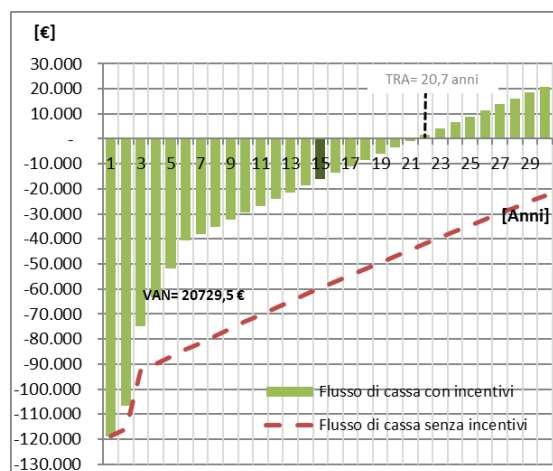


Figura 9.2– EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta impegnativo ma sostenibile, visto che il tempo di ritorno (15,9 anni e 20,7 anni con flussi di cassa attualizzati), stante il risparmio energetico sul vettore termico superiore al 50%, è compatibile con i 30 anni di vita utile stimati per l'intervento. Risulta quindi essere un investimento remunerativo, anche grazie agli incentivi del Conto Termico.

EEM2: Sostituzione degli infissi esterni

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– Sostituzione degli infissi esterni

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| Investimento Iniziale | Io | € | 19.471 |
| Oneri Finanziari %Io | 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 | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 1,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 18,3 | |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 22,9 | |
| Valore attuale netto | VAN | 3.810 | |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 3,5% | |
| Indice di profitto | IP | 0,20 | |

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

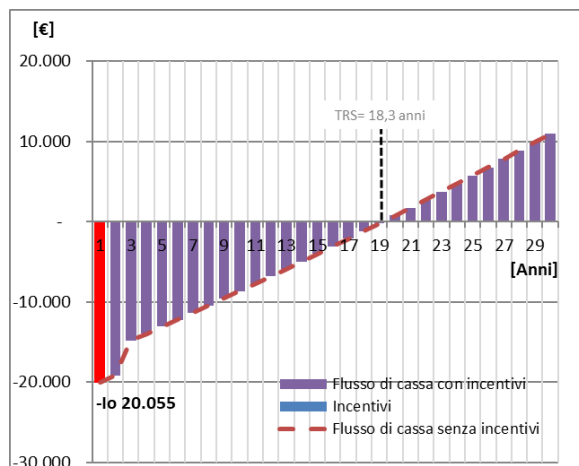
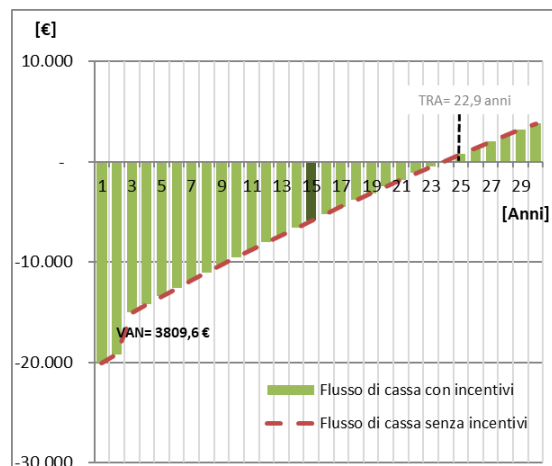


Figura 9.4– EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che, nonostante l'intervento non risulti essere molto dispendioso, tuttavia essendo limitato ai pochi infissi non ancora sostituiti fino ad ora, i benefici in termini di risparmio energetico sono limitati.

Il tempo di ritorno tuttavia (18,3 anni e 22,9 anni con flussi di cassa attualizzati) è compatibile con i 30 anni di vita utile stimati per l'intervento.

Risulta pertanto un investimento remunerativo, anche senza l'accesso agli incentivi del Conto Termico. Sarebbe naturalmente auspicabile realizzare tale intervento in concomitanza con l'installazione di Valvole termostatiche, al fine di accedere all'incentivo e migliorare la redditività dell'intervento.

EEM3: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

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– Valvole termostatiche

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-------------|---------------------------|--------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 37.783 |
| Oneri Finanziari % l_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 | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 1,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 21,8 | |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 28,6 | |
| Valore attuale netto | VAN | 526 | |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 2,1% | |
| Indice di profitto | IP | 0,01 | |

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

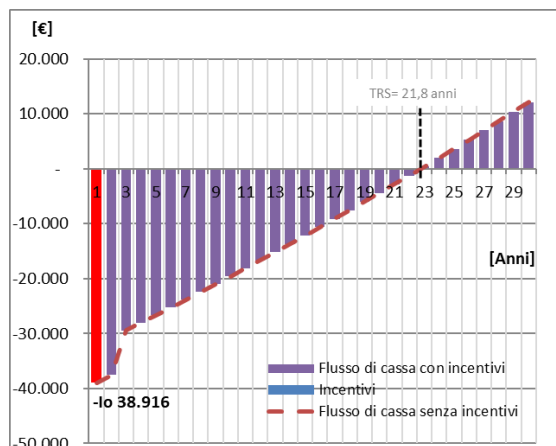
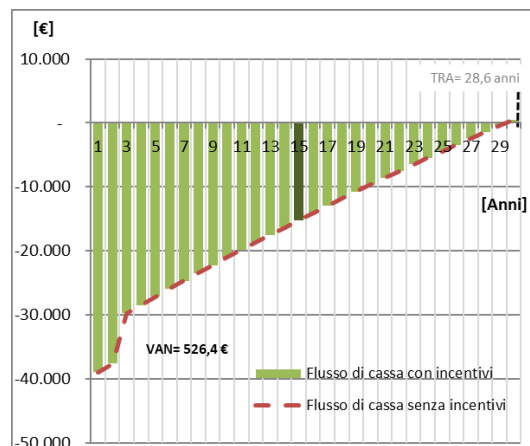


Figura 9.6– EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è remunerativo con Tempi di ritorno (21,8 anni e 28,6 anni con flussi di cassa attualizzati) compatibili con i 30 anni di vita utile stimata per l'intervento ed un VAN positivo di € 526

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

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

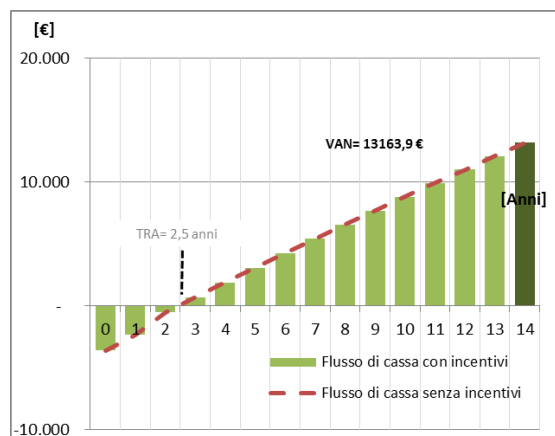
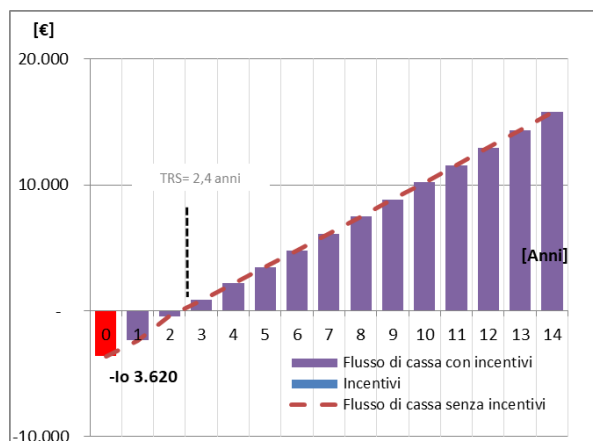
Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|--------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 3.514 |
| 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 | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 1,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 2,4 | |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 2,5 | |
| Valore attuale netto | VAN | 13.164 | |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 39,0% | |
| Indice di profitto | IP | 3,75 | |

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'investimento è remunerativo, con un VAN di 13.164 € a fronte di un investimento di circa 3.500 € (IP pari a 3,75). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 5 anni.

EEM5: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

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

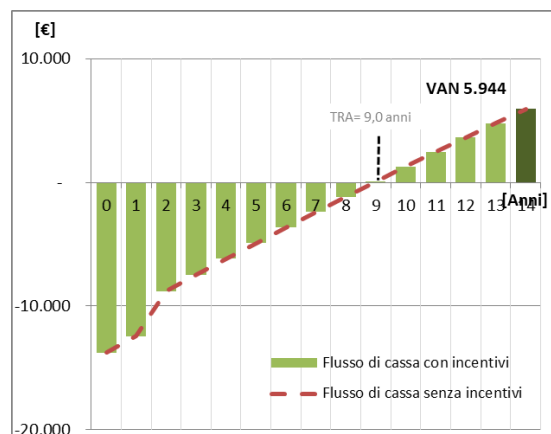
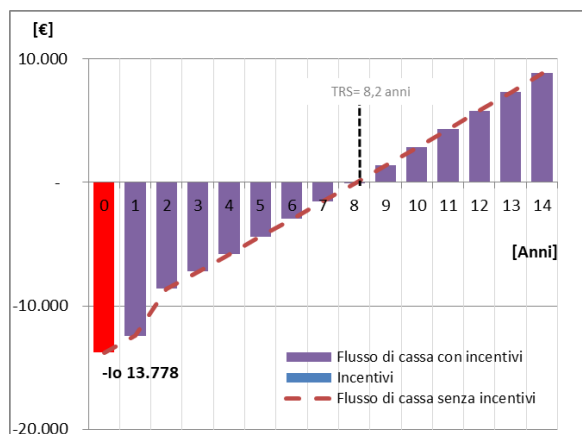
Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|--------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 13.376 |
| 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 | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 1,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 8,2 | |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 9,0 | |
| Valore attuale netto | VAN | 5.944 | |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 8,1% | |
| Indice di profitto | IP | 0,44 | |

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

Figura 9.9–EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.10– EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento, anche senza incentivo risulta remunerativo, con un VAN di 5.944 € (IP pari a 0,44). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 10 anni.

Dato il costo dell'investimento, l'intervento risulterebbe più interessante in abbinamento con altre misure e a lungo termine e soprattutto in abbinamento all'installazione delle Valvole termostatiche che permetterebbe di accedere all'incentivo del Conto Termico.

EEM6: Installazione di impianto di illuminazione LED

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

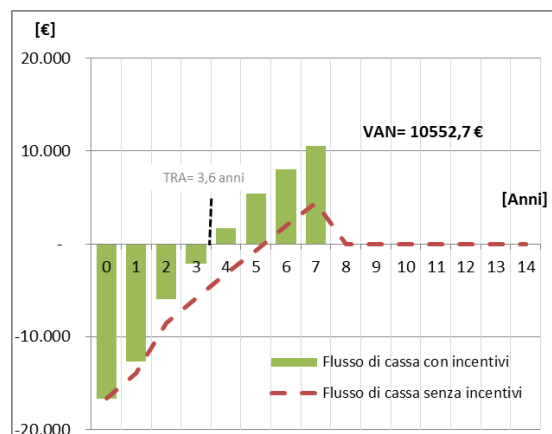
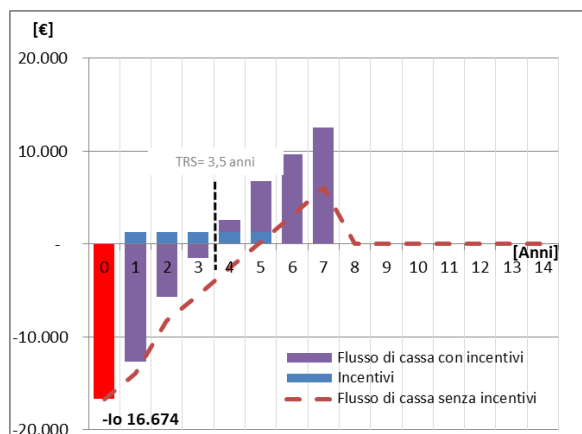
Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6– Installazione di impianto di illuminazione LED

| PARMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|---------------------------|-------------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 16.188 |
| 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 | 1.295 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 1,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 4,9 | 3,5 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 5,4 | 3,6 |
| Valore attuale netto | VAN | 4.449 | 10.553 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 9,0% | 18,5% |
| Indice di profitto | IP | 0,27 | 0,65 |

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

Figura 9.11–EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.12– EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che grazie al contributo degli incentivi (Conto Termico), l'investimento è remunerativo, con un VAN di 10.553 € a fronte di un investimento di circa 16.188 € (IP pari a 0,65). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 8 anni (3,5 e 3,6 anni).

Come da tabella estratta dal Cap. 2.6 del documento "LINEE GUIDA alla presentazione dei progetti per il Programma per la Riquilificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale PREPAC (D.M. 16 settembre 2016)" Elaborato da ENEA e GSE nel 2017, è stata considerata una vita utile per l'intervento di 8 anni: il tempo di ritorno dell'intervento è inferiore alla vita utile e l'investimento risulta remunerativo, si ritiene inoltre che l'intervento possa avere una vita utile reale più lunga (15 anni) che renda ancora più appetibile la realizzazione dell'intervento.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e 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 | 22,6% | 25,3% | 2.980,00 € | 591,30 € | 83,20 € | 115.345 € | 27,9 | 37,1 | 30 | 22.764,00 € | 0,3% | -0,20 |
| EEM2 | 3% | 3,3% | 394,70 € | 519,40 € | 113,10 € | 19.471,00 € | 18,3 | 22,9 | 30 | 3.810,00 € | 3,5% | 0,20 |
| EEM3 | 6,5% | 7,2% | 854,50 € | 688,30 € | 83,20 € | 37.783,00 € | 21,8 | 28,6 | 30 | 526,00 € | 2,10% | 0,01 |
| EEM4 | 5% | 5,1% | 654,10 € | 775,90 € | 108,10 € | 3.514,00 € | 2,4 | 2,5 | 15 | 13.164,00 € | 39,00% | 3,75 |
| EEM5 | 4,8% | 5,4% | 636,70 € | 938,60 € | 83,20 € | 13.376,00 € | 8,2 | 9,0 | 15 | 5.944,00 € | 8,10% | 0,44 |
| EEM6 | 18,2% | 17,3% | 2.405,60 € | 663,30 € | 249,50€ | 16.188,00 € | 4,9 | 5,4 | 8 | 4.449,00€ | 9,0% | 0,27 |

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);

- $\% \Delta_{CO_2}$ è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- Δ_{CE} è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- Δ_{CMO} 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;
- Δ_{CMS} 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 in assenza di incentivi la EEM 1 non risulta remunerativa, e presenta un P.I. negativo.

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

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------------|---------------|----------------|----------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|-------|
| | $\% \Delta_E$ | $\% \Delta_{CO_2}$ | Δ_{CE} | Δ_{CMO} | Δ_{CMS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM1 | 22,6% | 25,3% | 2.980,00 € | 591,30 € | 83,20 € | 115.345 € | 15,9 | 20,7 | 30 | 20.730,00 € | 4,0% | -0,18 |
| EEM2 | 3% | 3,3% | 394,70 € | 519,40 € | 113,10 € | 19.471,00 € | 18,3 | 22,9 | 30 | 3.810,00 € | 3,5% | 0,20 |
| EEM3 | 6,5% | 7,2% | 854,50 € | 688,30 € | 83,20 € | 37.783,00 € | 21,8 | 28,6 | 30 | 526,00 € | 2,10% | 0,01 |
| EEM4 | 5% | 5,1% | 654,10 € | 775,90 € | 108,10 € | 3.514,00 € | 2,4 | 2,5 | 15 | 13.164,00 € | 39,00% | 3,75 |
| EEM5 | 4,8% | 5,4% | 636,70 € | 938,60 € | 83,20 € | 13.376,00 € | 8,2 | 9,0 | 15 | 5.944,00 € | 8,10% | 0,44 |
| EEM6 | 18,2% | 17,3% | 2.405,60 € | 663,30 € | 249,50 € | 16.188,00 € | 3,5 | 3,6 | 8 | 10.553,00 € | 18,5% | 0,65 |

Dall'analisi dei risultati emerge che per l'EEM 1 l'incentivo rende l'intervento conveniente, mentre la EEM 6 risulta maggiormente remunerativa.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- 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 LLCR maggiori di 1.

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

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

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

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

- **Scenario 1: Infissi (Palestra + Ingresso e scale) + valvole termostatiche + Generatore + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede la sostituzione degli infissi vecchi (EEM2), valvole termostatiche (EEM4), la sostituzione del Generatore di calore (EEM5) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM6). L'integrazione delle prime due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM5.
- **Scenario 2: SCN1 + Cappotto termico:** Tale scenario consiste nella realizzazione di quanto previsto per lo scenario 1 più la realizzazione della coibentazione a cappotto dell'edificio (EEM1). La simultaneità dell'intervento di coibentazione e sostituzione del generatore permette di accedere agli incentivi in conto termico in misura del 55% del costo sostenuto.

9.3.1 Scenario 1: Infissi + valvole + generatore + LED

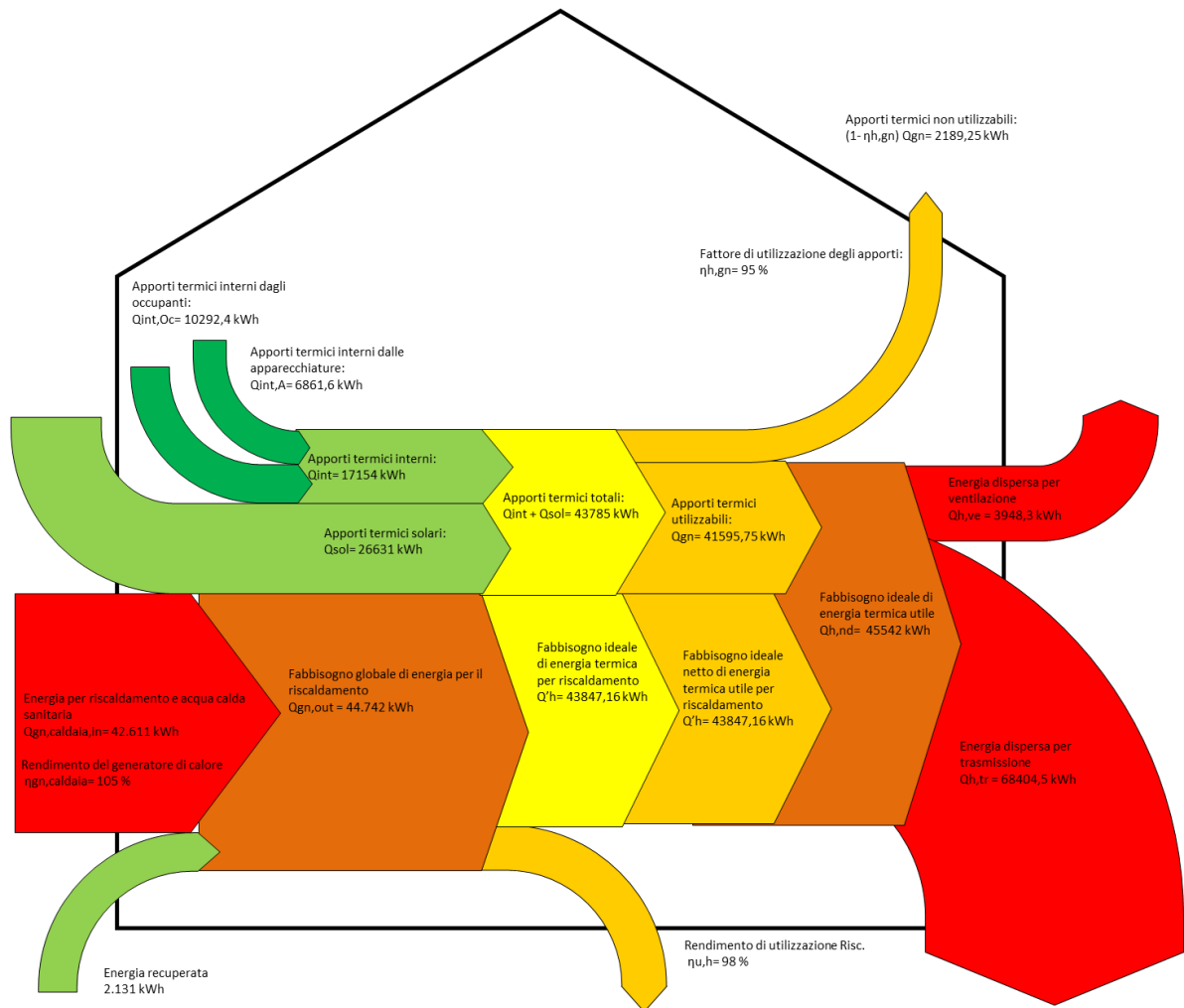
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA Al 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM2 Fornitura & Posa | € 15.960 | € 3.511 | € 19.471 |
| EEM4 Fornitura & Posa | € 2.880 | € 634 | € 3.514 |
| EEM5 Fornitura & Posa | € 10.964 | € 2.412 | € 13.376 |
| EEM6 Fornitura & Posa | € 13.269 | € 2.919 | € 16.188 |
| Costi per la sicurezza | 3% imponibile | | |
| Costi per la progettazione | 7% imponibile | | |
| TOTALE (I₀) | € 43.073 | € 9.476 | € 52.549 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| SCN 1 O&M | € 5.319 | € 1.580 | € 6.899 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | € 19.614 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | € 3.923 | |

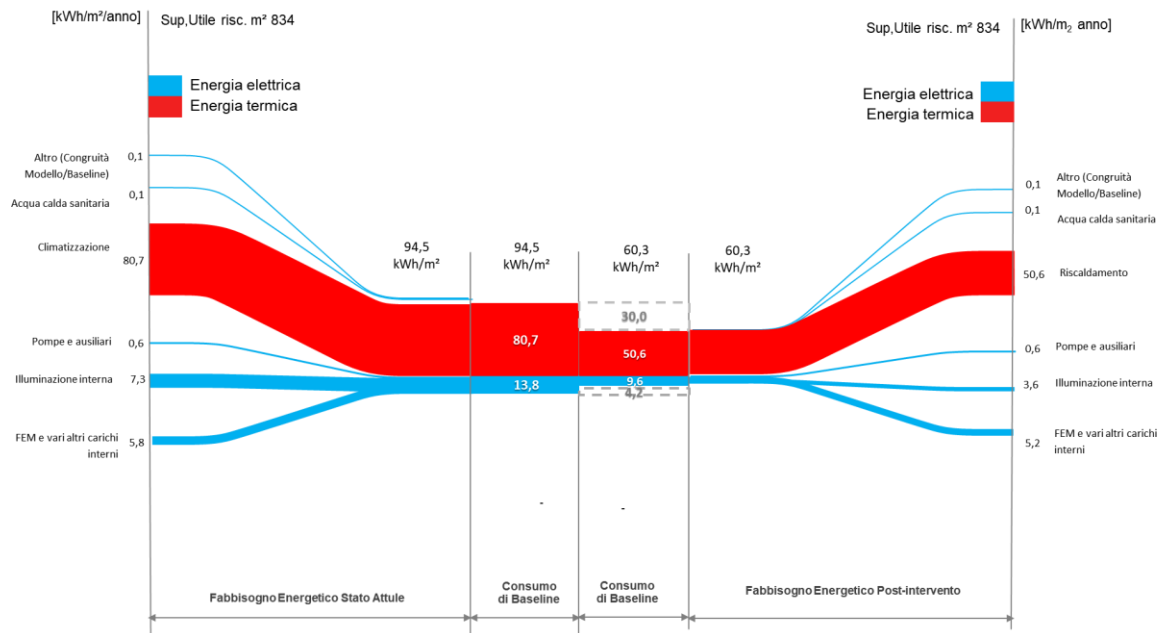
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. Si osserva inoltre che le perdite di generazione sono trascurabili, grazie all'installazione della caldaia a condensazione, con un rendimento superiore al 100%. La quota di energia dispersa per trasmissione è diminuita per la sostituzione degli infissi che migliorano l'isolamento dell'involucro.

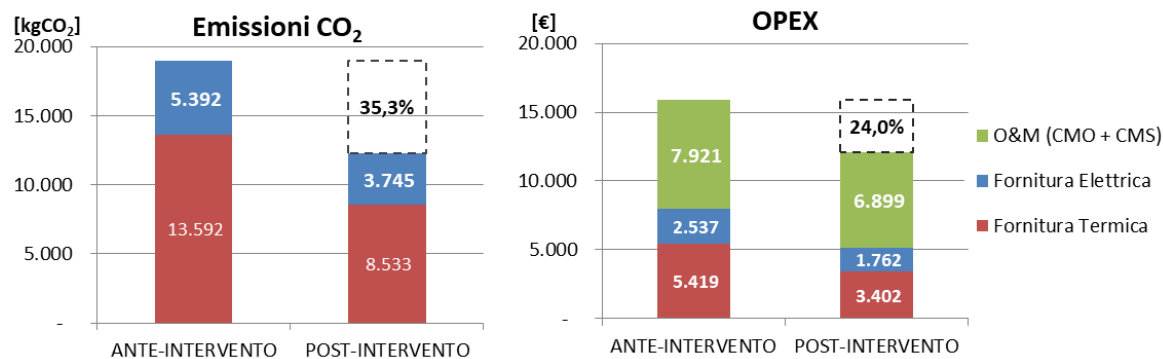
Figura 9.14– SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella **Error! Reference source not found.**

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – Infissi + valvole + generatore + LED

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM 2 - Trasmittanza INFISSI | [W/m²K] | 5,33 | 1,65 | 69,0% |
| EEM 4 - Rendimento di regol. + Distribuzione | % | 92 | 99 | -7,6% |
| EEM 5 - Rendimento generatore | % | 87 | 105 | -20,7% |
| EEM 6 - Potenza installata per Illuminazione | W | 6048 | 3024 | 50,0% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 67.876 | 42.611 | 37,2% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 11.477 | 7.971 | 30,5% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 67.286 | 42.241 | 37,2% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 11.545 | 8.018 | 30,5% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 13.592 | 8.533 | 37,2% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 5.392 | 3.745 | 30,5% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 18.983 | 12.277 | 35,3% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 5.419 | 3.402 | 37,2% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 2.537 | 1.762 | 30,5% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 7.956 | 5.164 | 35,1% |
| C _{MO} | [€] | 6.257 | 5.319 | 15,0% |
| C _{MS} | [€] | 1.663 | 1.580 | 5,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 7.921 | 6.899 | 12,9% |
| OPEX | [€] | 15.877 | 12.063 | 24,0% |
| Classe energetica | [-] | G | E | +2 classi |

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– Infissi + valvole + generatore + LED

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|---|-----------------------|---------|
| Anni Costruzione | n_i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 14 |
| Anni Concessione | n | 15 |
| Anno inizio Concessione | n_o | 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 | €52.549 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | €1.576 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl. | CAPEX | €54.125 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | €43.300 |
| Equity | I_E | €10.825 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | €5.216 |

| | | |
|--|---------------------------------|---------|
| Costo finanziamento, (D+INT ₀) | $q_0 \cdot n_0$ | €52.158 |
| Costi per interessi debito, INT ₀ | $INT_0 = q_0 \cdot n_0 \cdot D$ | €8.857 |

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

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|------------|----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | CE0 | € 9.568 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | CM0 | € 6.493 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | CBaseline | € 16.060 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | CAItro | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | %ΔCE | 36,0% |
| Riduzione% costi O&M | %ΔCM | 13,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | %CBaseline | 5,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 3.489 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € 803 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 36.130 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 5.131 |
| N° di Canoni annuali | anni | 14 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | 0,33% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | CESCO | € 13 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | CFTT | € 633 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | CCAPEX | € 2.041 |
| Canone O&M €/anno | CnM | € 5.865 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € 6.706 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € 12.571 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € 2.686 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € 15.257 |
| Aliquota IVA % | IVA | 22% |
| Rimborso erariale IVA | RIVA | € 9.476 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | RB | € 16.077 |
| Durata Incentivi, anni | nB | 5 |
| 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. | 10,79 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 16,89 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | -€ 2.142 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | 3,12% |
| Indice di Profitto | IP | -4,08% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 14,62 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 18,50 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | -€ 2.052 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | 0,42% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 1,031 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 0,914 |

Indice di Profitto Azionista

IP

-3,91%

Figura 9.16–SCN1: Flussi di cassa del progetto



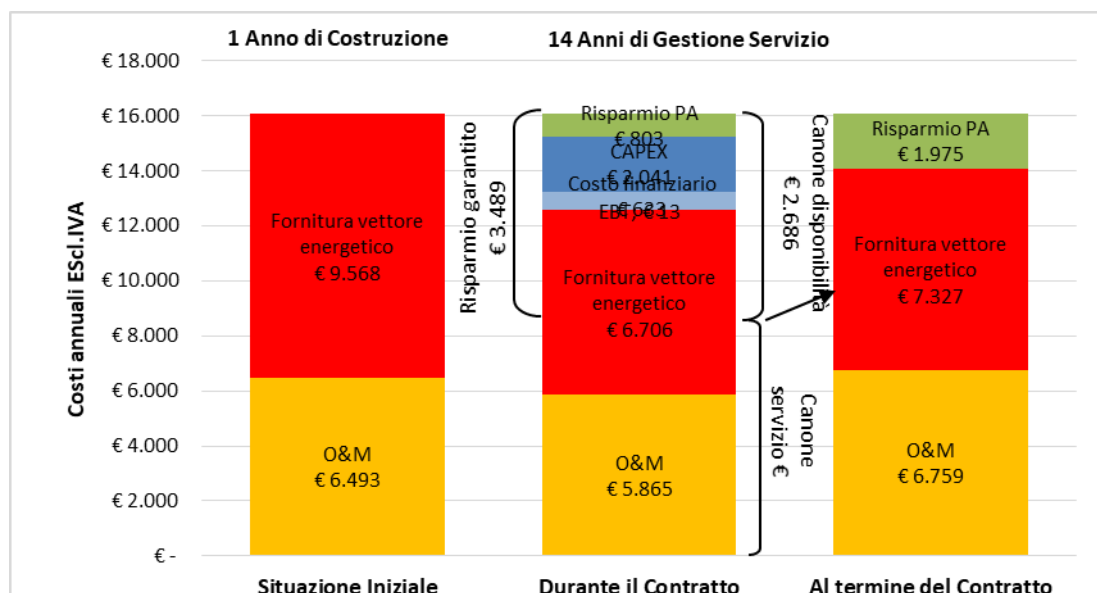
Figura 9.17– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non remunerativo.

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: Cappotto + infissi + valvole + generatore + LED

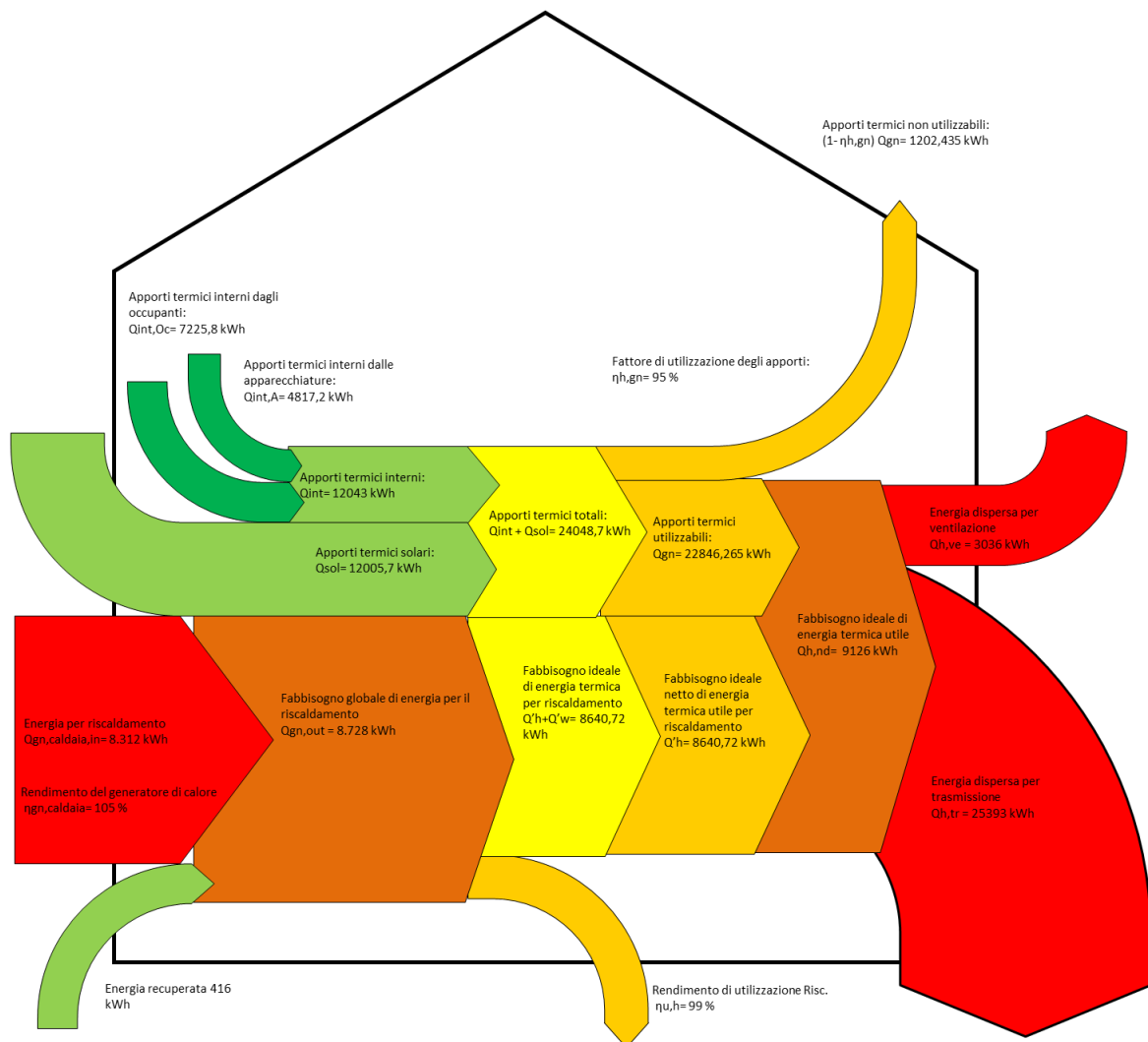
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA AI 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 Fornitura & Posa | € 94.545 | € 20.800 | € 115.345 |
| EEM2 Fornitura & Posa | € 15.960 | € 3.511 | € 19.471 |
| EEM4 Fornitura & Posa | € 2.880 | € 634 | € 3.514 |
| EEM5 Fornitura & Posa | € 10.964 | € 2.412 | € 13.376 |
| EEM6 Fornitura & Posa | € 13.269 | € 2.919 | € 16.188 |
| Costi per la sicurezza | 3% imponibile | | |
| Costi per la progettazione | 7% imponibile | | |
| TOTALE (I₀) | € 137.618 | € 30.276 | € 167.894 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| SCN 2 O&M | € 5.006 | € 1.580 | € 6.586 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | €85.060 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | €17.012 | |

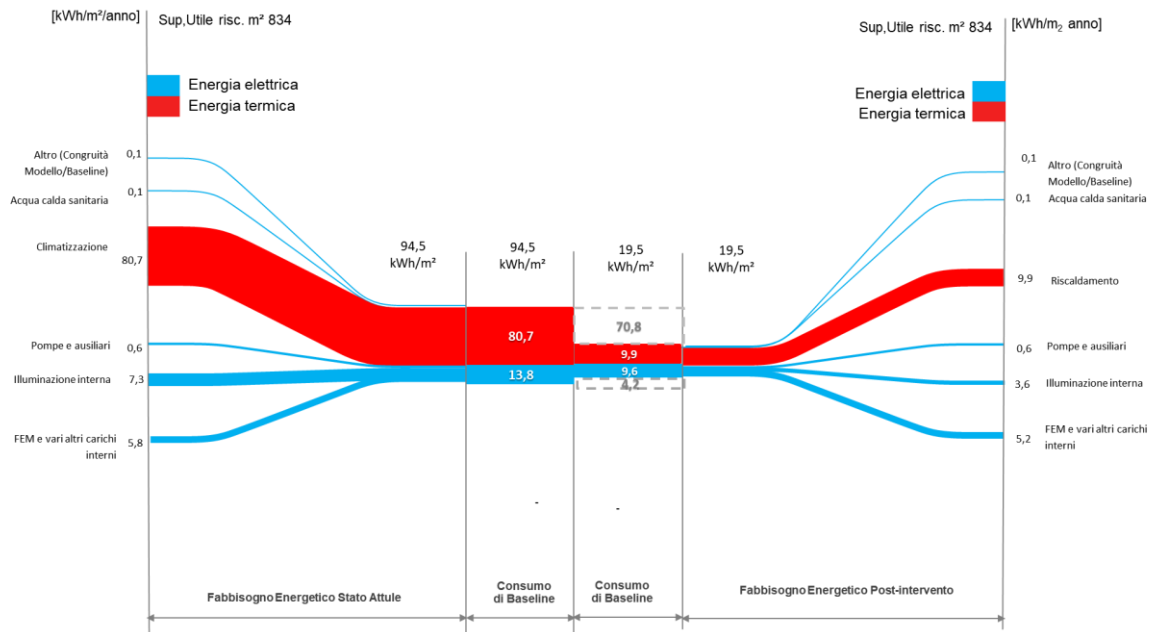
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale è sensibilmente diminuito rispetto alla situazione iniziale, così come la quota di energia dispersa per trasmissione, grazie al migliore isolamento dell'edificio ottenuto attraverso le misure di efficienza energetica adottate (Infissi e Isolamento a cappotto).

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



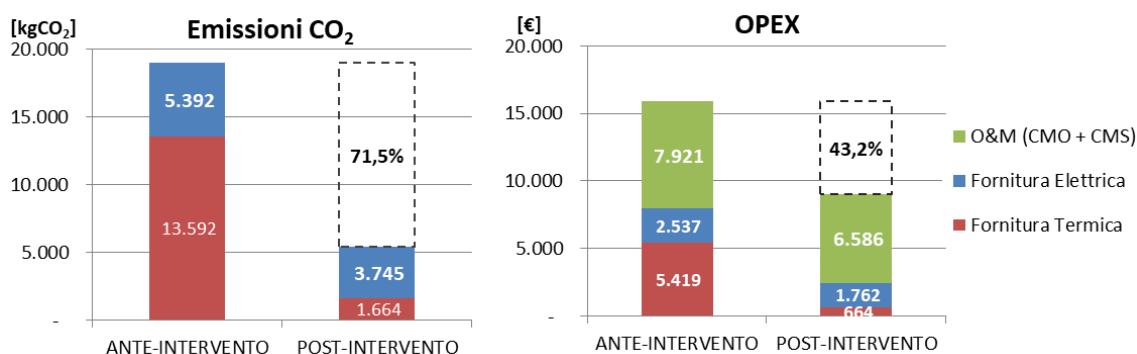
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella **Error! Reference source not found.21**

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN 2

| CALCOLO RISPARMIO | U. M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EEM 1 - Trasmittanza media parete | [W/m²K] | 1,139 | 0,26 | 77,2% |
| EEM 2 - Trasmittanza INFISSI | [W/m²K] | 5,33 | 1,65 | 69,0% |
| EEM 3 - Volume riscaldato | [m³] | 3920 | 2630 | 32,9% |
| EEM 4 - Rendimento di regol. + Distribuzione | % | 92 | 99 | -7,6% |
| EEM 5 - Rendimento generatore | % | 87 | 105 | -20,7% |
| EEM 6 - Potenza installata per Illuminazione | W | 6048 | 3024 | 50,0% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 67.876 | 8.312 | 87,8% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 11.477 | 7.971 | 30,5% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 67.286 | 8.240 | 87,8% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 11.545 | 8.018 | 30,5% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 13.592 | 1.664 | 87,8% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 5.392 | 3.745 | 30,5% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 18.983 | 5.409 | 71,5% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 5.419 | 664 | 87,8% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 2.537 | 1.762 | 30,5% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 7.956 | 2.426 | 69,5% |
| C _{MO} | [€] | 6.257 | 5.006 | 20,0% |
| C _{MS} | [€] | 1.663 | 1.580 | 5,0% |

E96 Scuola Elementare San Giacomo

| | | | | |
|--|-----|---------------|--------------|--------------|
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 7.921 | 6.586 | 16,9% |
| OPEX | [€] | 15.877 | 9.012 | 43,2% |
| Classe energetica | [-] | G | C | +4 classi |

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), i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'**ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI**.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.22, Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Cappotto + infissi + valvole + generatore + LED

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|---|-----------------------|-----------|
| Anni Costruzione | n _i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n _s | 24 |
| Anni Concessione | n | 25 |
| Anno inizio Concessione | n _o | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n _A | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k _{CdP} | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 4,00% |
| k _{progetto} = 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 | 24 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I _o | € 167.894 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 5.037 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl. | CAPEX | € 172.931 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |

E96 Scuola Elementare San Giacomo

| | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------|
| Debito | I_D | € 138.345 |
| Equity | I_E | € 34.586 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | € 16.664 |
| Costo finanziamento, $(D+INT_D)$ | $q_D * n_D$ | € 166.644 |
| Costi per interessi debito, INT_D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € 28.299 |

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

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|-------------------|----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{E0} | € 9.568 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{M0} | € 6.493 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | € 16.060 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | $\% \Delta C_E$ | 75,0% |
| Riduzione% costi O&M | $\% \Delta C_M$ | 17,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | $\% C_{Baseline}$ | 5,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 7.534 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € 803 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 87.216 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 11.166 |
| N° di Canoni annuali | anni | 24 |
| Utile lordo della ESCO | $\% CAPEX$ | 34,88% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € 2.513 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € 1.179 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € 3.039 |
| Canone O&M €/anno | C_{nM} | € 5.739 |
| Canone Energia €/anno | C_{nE} | € 2.787 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | C_{nS} | € 8.526 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | C_{nD} | € 6.731 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | C_n | € 15.257 |
| Aliquota IVA % | IVA | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € 30.276 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € 69.721 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | 2022 |

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

| INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | |
|--|-----------------------------------|----------|
| Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni | T.R.S. | 11,19 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 17,66 |
| Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$ | $VAN > 0$ | € 20.242 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | $TIR > WACC$ | 5,76% |
| Indice di Profitto | IP | 12,06% |
| INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni | T.R.S. | 15,36 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 20,81 |
| Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$ | $VAN > 0$ | € 3.644 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | $TIR > k_e$ | 10,72% |

| | | |
|------------------------------|----------------------|-------|
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 1,006 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 1,441 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | 2,17% |

Figura 9.22–SCN2: Flussi di cassa del progetto

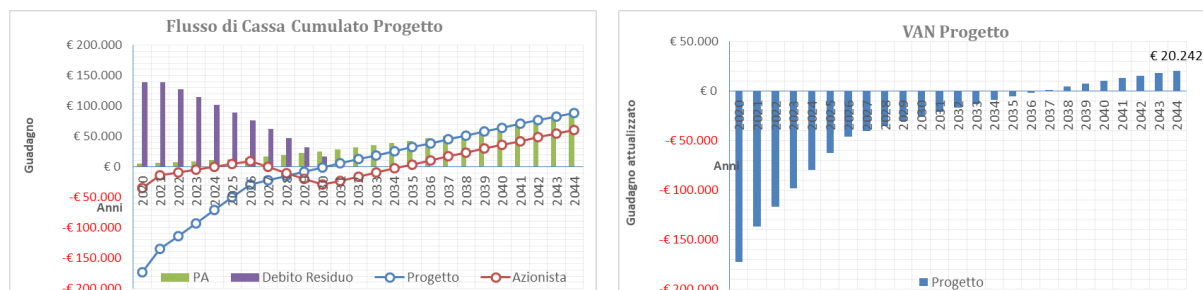


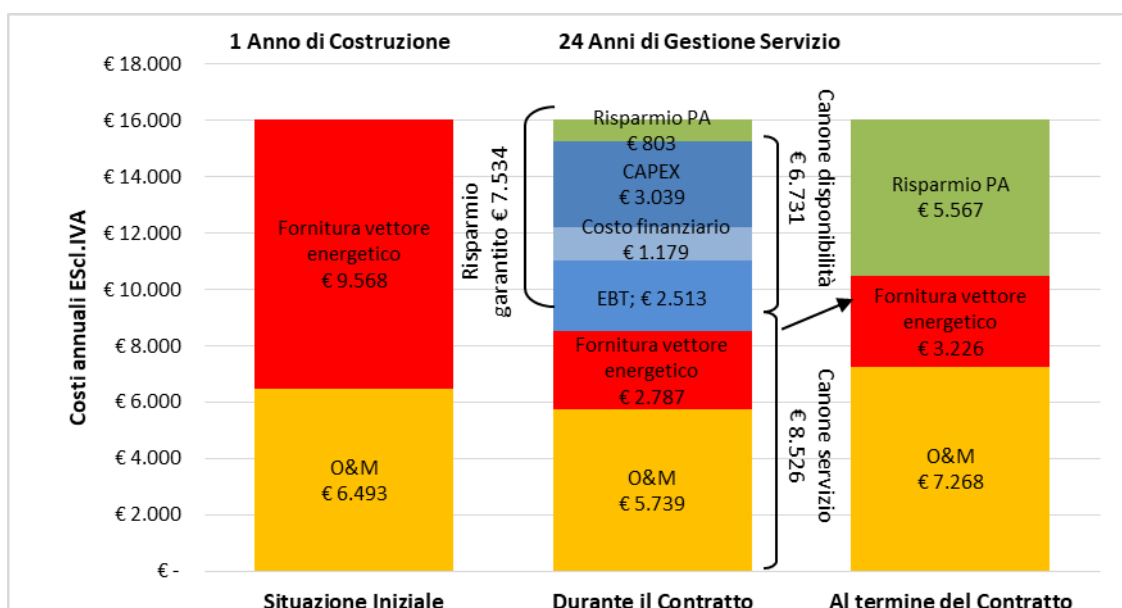
Figura 9.23–SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.24.

Figura 9.24– Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro.

Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. La sostituzione delle chiusure trasparenti (infissi) dell'involucro (solo quelli non ancora sostituiti e con vetro singolo);
2. l'isolamento a cappotto dell'involucro;
3. l'installazione di controsoffitti per la compartimentazione termica;
4. la sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza (a condensazione);
5. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
6. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi singolarmente più interessanti sono la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi e la sostituzione del generatore andrebbero affiancati sempre all'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che degli investimenti previsti nei due scenari solo uno risulta remunerativo.

Si fa notare che i costi utilizzati, ricavati da listini ufficiali, prevedono solo una riduzione del 10%, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, ma non rispecchiano gli sconti reali ipotizzabili in sede di realizzazione.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------|------------|---------------------------------|
| Elenco documentazione fornita | 19/03/2018 | ALLEGATO A_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

ALLEGATO B – ELABORATI

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|---------------------------------|
| Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA | 19/03/2018 | ALLEGATO B_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| Titolo | Data | Nome file |
|---|------------|---------------------------------|
| Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo | 19/03/2018 | ALLEGATO C_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|------------|--------------------------------|
| Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali | 19/03/2018 | ALLEGATO D_DE_Lotto.4 -E96.pdf |

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|---------------------------------|
| Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo | 19/03/2018 | ALLEGATO E_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------------------|------------|---------------------------------|
| Certificato software Termo | 19/03/2018 | ALLEGATO F_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| Titolo | Data | Nome file |
|---|------------|---------------------------------|
| Attestato di prestazione energetica dell'edificio | 19/03/2018 | ALLEGATO G_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

**ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI**

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------|------------|----------------------------------|
| Bozza di APE scenario 1 | 19/03/2018 | ALLEGATO H_DE_Lotto.4 – E96_SCN1 |
| Bozza di APE scenario 2 | 19/03/2018 | ALLEGATO H_DE_Lotto.4 – E96_SCN2 |

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|---------------------------|
| File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi | 19/03/2018 | GG_Lotto.4-E96.Rev01.xlsx |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------------------------|------------|--------------------------------------|
| Schede di audit in formato excel | 19/03/2018 | E96_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx |

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|---------------------------------|
| Schede ORE relative agli interventi proposti | 19/03/2018 | ALLEGATO K_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|---------------------------|
| Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti | 19/03/2018 | AnalisiPEF_rev05_E96.xlsx |

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------|------------|---------------------------------|
| Report di Benchmark | 19/03/2018 | ALLEGATO M_DE_Lotto.4 – E96.pdf |

ALLEGATO N – CD-ROM