

Scuola elementare Vittorio Alfieri E968

Via Pietro Rostan 7

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA E968



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



Scuola elementare Vittorio Alfieri

E968

Via Pietro Rostan 7

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto 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

FABRYCA srl Società di Ingegneria

Via Matteotti, 20 – 26838 Tavazzano con Villavesco (LO)

genova.auditlotto7@fabryca.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|-----------|------------|------------------------|---|----------------------|---------------------|
| 1 | 03/08/2018 | Ing. BERTONI LUCA | Arch. TOMA MAURIZIO Responsabile | Ing. BERTONI LUCA | Prima Pubblicazione |
| | | Arch. TOMA MAURIZIO | Involucro | | |
| | | BROGNOLI GIORDANA | Ing. BATTAGLIA OSCAR Responsabile Impianti | | |

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 | 1 |
| 1 INTRODUZIONE | 1 |
| 1.1 PREMessa | 1 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 1 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO..... | 1 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO..... | 2 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO | 3 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 6 |
| 2 DATI DELL'EDIFICIO..... | 7 |
| 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO | 7 |
| 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO | 8 |
| 2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI..... | 8 |
| 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO | 10 |
| 3 DATI CLIMATICI | 11 |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO..... | 11 |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI..... | 12 |
| 3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO | 12 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 14 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO..... | 14 |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> | 14 |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> | 16 |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE..... | 17 |
| 4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> | 18 |
| 4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> | 18 |
| 4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> | 19 |
| 4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> | 20 |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 21 |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE | 22 |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE | 23 |
| 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> | 24 |
| 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..... | 35 |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI..... | 36 |
| 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO | 37 |
| 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI | 37 |
| 7.1.1 <i>Vettore termico</i> | 37 |
| 7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> | 38 |
| 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI..... | 43 |
| 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI..... | 43 |
| 7.4 BASELINE DEI COSTI..... | 44 |



| | | |
|---|---|-----------|
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA | 46 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI | 46 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio</i> | 77 |
| 8.1.2 | <i>Impianto riscaldamento</i> | 50 |
| 8.1.3 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> | BBB |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA..... | 55 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 55 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 70 |
| SINTESI | 78 | |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO..... | AAAA |
| 9.3.1 | <i>Scenario 1: 15 anni:</i> | 81 |
| 9.3.2 | <i>Scenario 2: 25 anni</i> | 88 |
| 10 | CONCLUSIONI | 94 |
| 10.1 | RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA | 94 |
| 10.2 | RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI | 94 |
| 10.3 | CONCLUSIONI E COMMENTI..... | 95 |
| ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA..... | A-1 | |
| ALLEGATO B – ELABORATI | B-1 | |
| ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA | C-1 | |
| ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI | D-1 | |
| ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI | E-1 | |
| ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE | F-1 | |
| ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA | G-1 | |
| ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI..... | H-1 | |
| ALLEGATO I – DATI CLIMATICI..... | I-1 | |
| ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT..... | J-1 | |
| ALLEGATO K – SCHEDE ORE..... | K-1 | |
| ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI | L-1 | |
| ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK..... | M-1 | |
| ALLEGATO N – CD-ROM | N-1 | |

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|---|---------------------------|---|
| Anno di costruzione edificio | | 1925 |
| Anno di ristrutturazione | | - |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 723,48 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 1.653,21 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 4.138,19 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,40 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 1.183,07 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 0 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 1.183,07 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Caldaia tradizionale |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 130.9 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | - |
| Tipo di combustibile | | Gas metano |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Boiler elettrico |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 26.971 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 77.050 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 10.373 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 24.426 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 5.152 |

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: isolamento PAVIMENTO SU NR
- EEM 4: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 7: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 6: SOSTITUZIONE LAMPADE
- EEM 4: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SCN 1: CAPPOTTO INTERNO, COPERTURA, SOSTITUZIONE SERRAMENTI, SOSTITUZIONE CALDAIA, SOSTITUZIONE LAMPADE, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SCN 2: CAPPOTTO INTERNO, COPERTURA, SOSTITUZIONE SERRAMENTI, SOSTITUZIONE CALDAIA, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|--------|---------------|-------|-------|----------|-------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP | DSC R | LLCR |
| | % | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| EEM 1 | < | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 83.242 | 9.9 | 16.9 | 30 | 16.601 | 7.5 | 0.20 | n/a | n/a |
| EEM 2 | 11.9 | 7.1 | 777 | 1.235 | 0 | 22.805 | 6.6 | 9.0 | 30 | 14.349 | 12.0 | 0.63 | n/a | n/a |
| EEM 3 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 7.522 | 1.5 | 1.6 | 30 | 55.982 | 60.3 | 7.44 | n/a | n/a |
| EEM 4 | 41.4 | 21.5 | 2.314 | 1.085 | 0 | 27.391 | 4.7 | 6.0 | 30 | 31.603 | 16.5 | 1.15 | n/a | n/a |
| EEM 5 | 12.6 | 4.6 | 470 | 1.303 | 0 | 37.348 | 10.8 | 16.5 | 15 | -3.593 | 2.8 | -0.10 | n/a | n/a |
| EEM 6 | 0.0 | -0.4 | 45 | 72 | 0 | 12.873 | 20.1 | 22.6 | 10 | -7.392 | -27.6 | -0.57 | n/a | n/a |
| EEM 7 | 24.2 | 16.9 | 1.868 | 2.506 | 0 | 19.321 | 3.3 | 3.7 | 15 | 26.510 | 25.8 | 1.37 | n/a | n/a |
| SCN 1 | 84.3 | 87.5 | 9.945 | 7.885 | 0 | 21.0817 | 2.35 | 2.62 | 30 | 64.136 | 53.7 | 37.1 | 1.46 | 1.736 |
| SCN 2 | 84.3 | 87.5 | 9.945 | 7.885 | 0 | 173.154 | 2.82 | 3.27 | 30 | 72.663 | 37.18 | 34.6 | 1.282 | 2.544 |

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

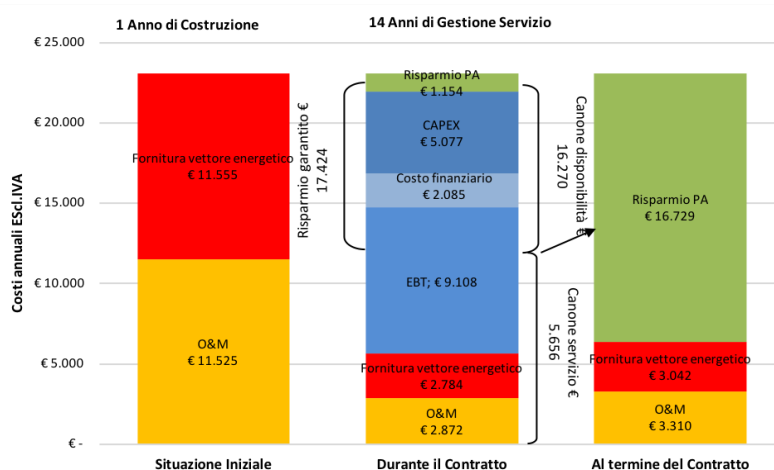
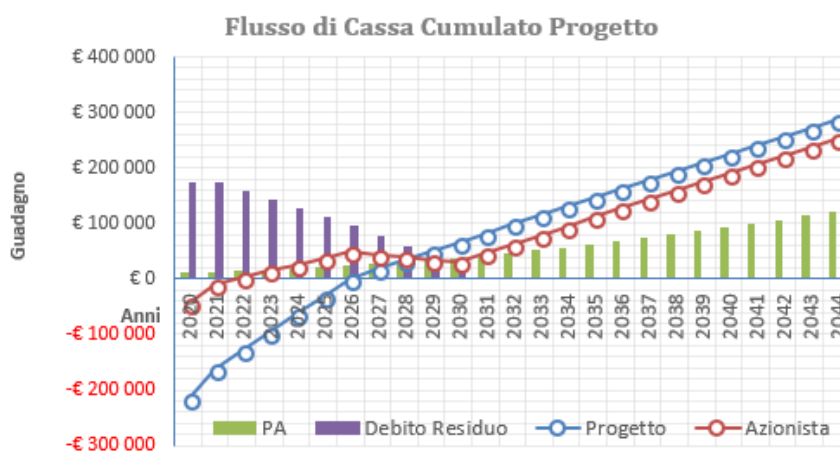
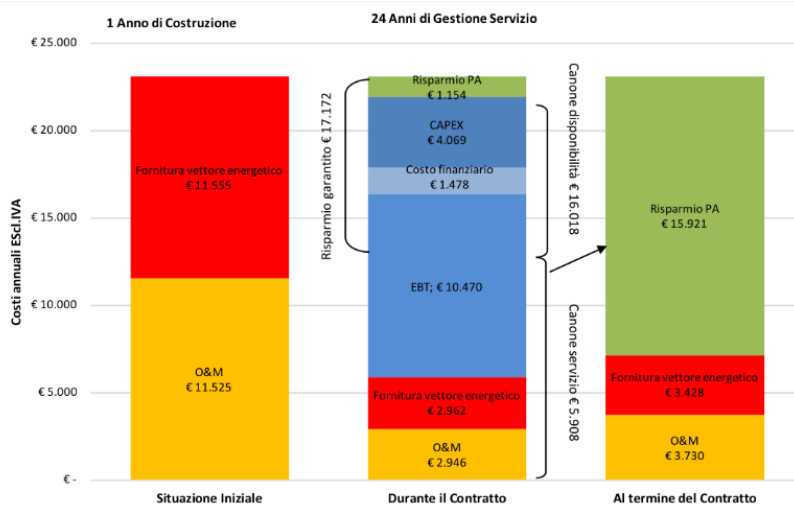
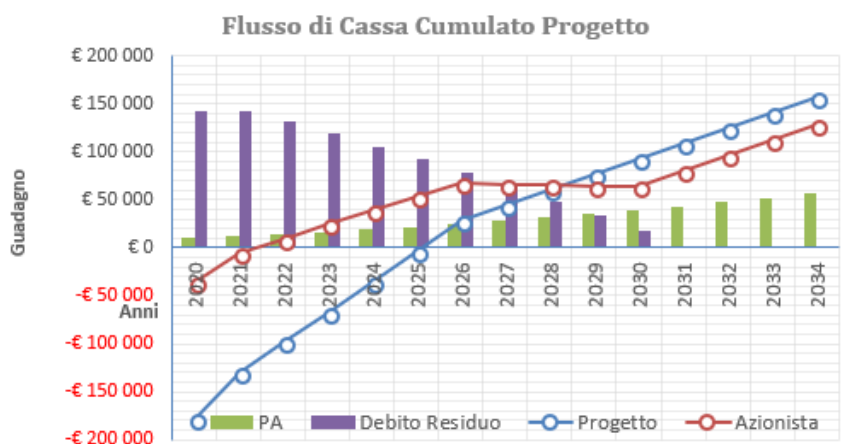


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall'analisi con tempo di ritorno di 15 anni e 25 anni gli interventi risultano convenienti.

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 i gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂.

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

Figura 1.1 - Vista della facciata



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 |
|------------------------------------|------------------------|---|
| Luca Bertoni, Giordana Brognoli | | Sopralluogo in sito |
| Giordana Brognoli | | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Paolo Ravera | | Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico |
| Maurizio Toma | Responsabile involucro | Revisione report di diagnosi energetica |
| Oscar Battaglia | Responsabile impianti | Revisione report di diagnosi energetica |
| Luca Bertoni | EGE | Approvazione report di diagnosi energetica |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU SEZ. PEG F. 47 Mapp. 34 Sub. 1, 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in via Pietro Rostan 7.

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

Figura 1.2 – Localizzazione



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 | | 1925 |
| Anno di ristrutturazione | | - |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 723,48 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 1.653,21 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 4.138,19 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,40 |
| Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 1.009,48 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 1.183,07 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 0 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 1.183,07 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Caldaia tradizionale |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 130.9 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | - |
| Tipo di combustibile | | Gas metano |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Boiler elettrico |
| Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 26.971 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{it} /anno] | 77.050 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 10.373 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 24.426 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 5.152 |

Nota (1): Valori di Baseline

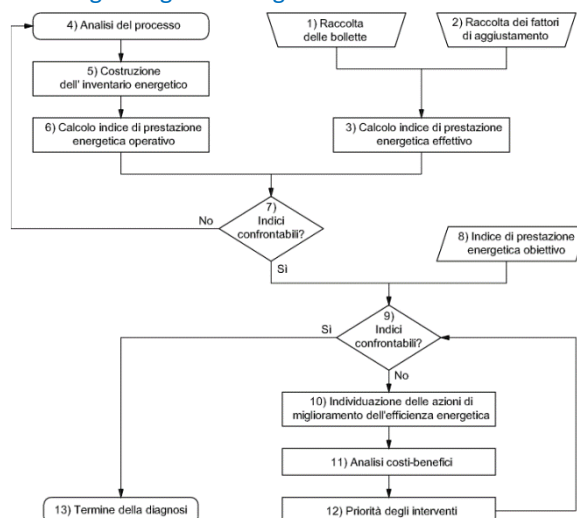
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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;
- 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 30/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Leto versione 4.0.2.5 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) certificato n. 80 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;

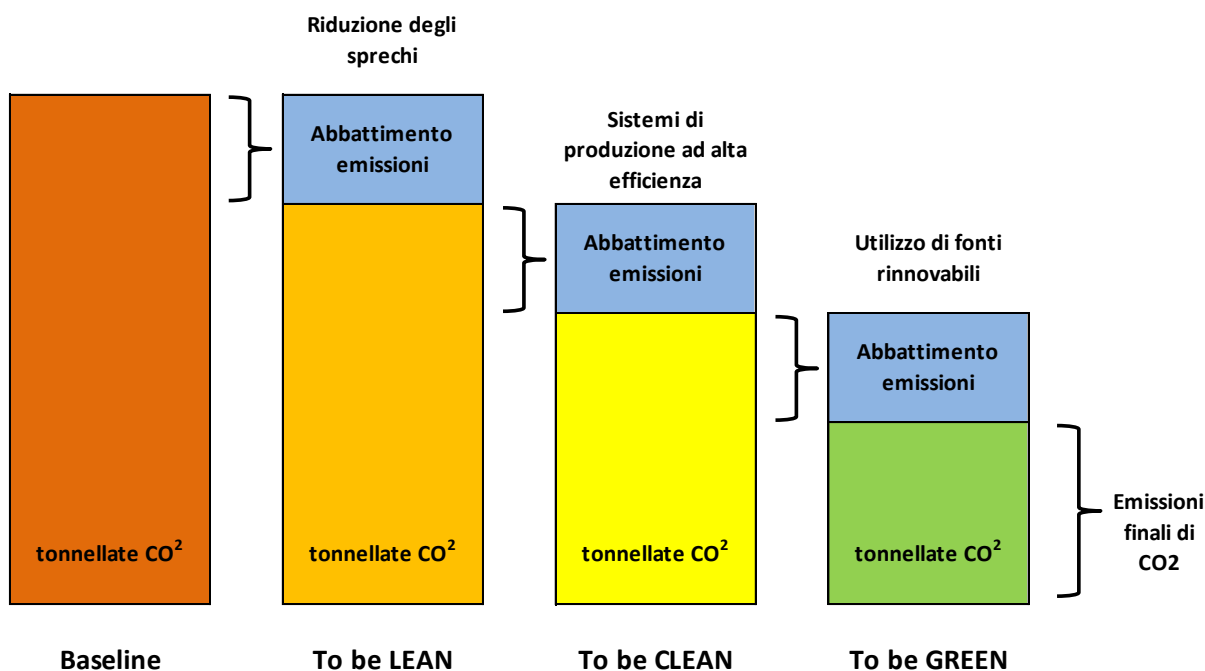
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂, secondo tre livelli consequenziali:

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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











































2 DATI DELL'EDIFICIO

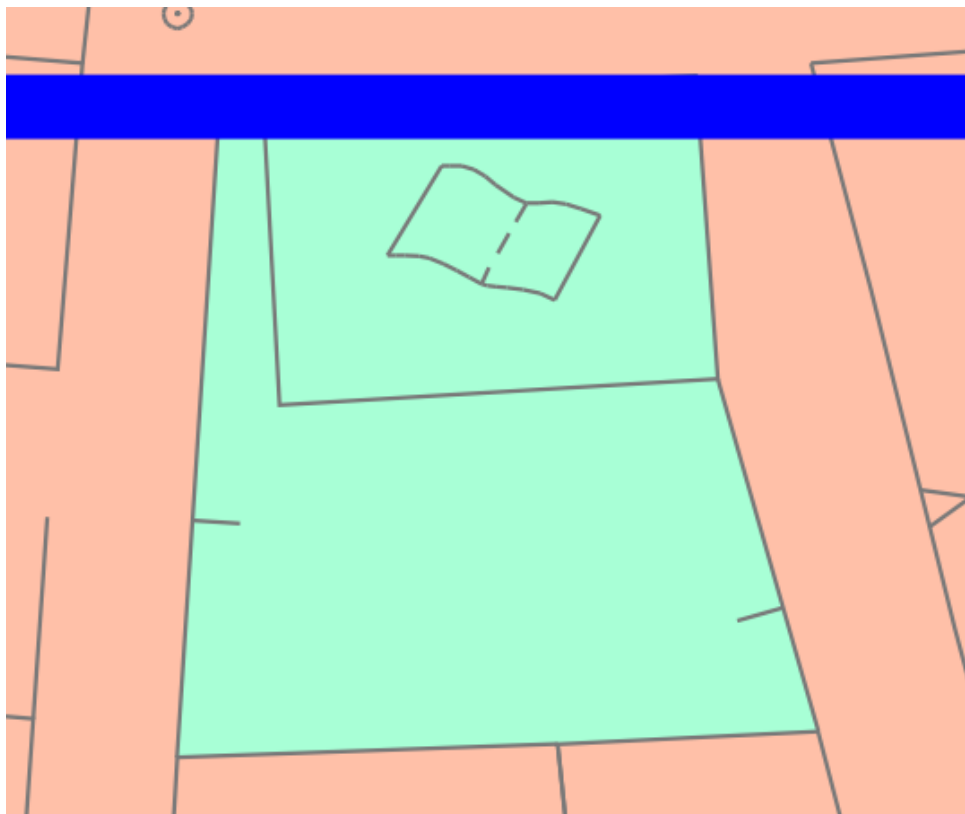
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale

LEGENDA

| AMBITI DEL TERRITORIO EXTRAURBANO | | AMBITI SPECIALI | | INFRASTRUTTURE | |
|---|---|---|--|---|--|
|  | AC-NI ambito di conservazione del territorio non insediato |  | parchi di interesse naturalistico e paesaggistico |  | autostrada esistente |
|  | AC-VP ambito di conservazione del territorio di valore paesaggistico e panoramico |  | sistemi di paesaggio |  | autostrada di previsione |
|  | AR-PA ambito di riqualificazione delle aree di produzione agricola |  | macro area paesaggistica |  | ferrovia esistente |
|  | AR-PR (a) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale |  | n° ambito con disciplina urbanistica speciale |  | ferrovia di previsione |
|  | AR-PR (b) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale |  | fascia di protezione "A" stabilimenti a rischio rilevante |  | trasporto pubblico in sede propria di previsione |
|  | AC-CS ambito di conservazione del centro storico urbano |  | fascia di protezione "B" stabilimenti a rischio rilevante |  | SIS-I viabilità principale esistente |
|  | AC-VU ambito di conservazione del verde urbano strutturato |  | aree di osservazione stabilimenti a rischio di incidente rilevante (Variante PTC della Provincia - D.C.P. 39/2008) |  | SIS-I viabilità principale di previsione |
|  | AC-US ambito di conservazione dell'impianto urbano storico |  | ambito portuale |  | SIS-I viabilità di previsione |
|  | AC-AR ambito di conservazione Antica Romana |  | aree di cava individuate dal Piano Territoriale delle attività estrattive |  | n° nodi infrastrutturali |
|  | AC-IU ambito di conservazione dell'impianto urbanistico |  | aree di esproprio-cantiere relative a opere infrastrutturali |  | assi di relazione città-porto di previsione |
|  | AR-UR ambito di riqualificazione urbanistica - residenziale |  | n° distretto di trasformazione |  | assi di relazione città-porto da concertare con Intesa L. 84/94 |
|  | AR-PU ambito di riqualificazione urbanistica produttivo - urbano |  | rete idrografica |  | SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici |
|  | AR-PI ambito di riqualificazione urbanistica produttivo - industriale |  | limiti amministrativi: Municipi |  | SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico |
|  | ACO-L ambito complesso per la valorizzazione del litorale |  | limiti amministrativi: Comune |  | SIS-S servizi omniterrali |



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

L'edificio ove è ubicata la scuola elementare Vittorio Alfieri risale al 1925 e ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche.

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.

Sono presenti 2 aule al piano terra e 3 al primo piano per le attività ordinarie. Al piano seminterrato sono presenti la palestra, la sala refezione e uno spazio per l'attività pittorica e le proiezioni. La sala medica è al piano terra, dove è stata allestita anche la biblioteca, mentre al piano terra e al primo piano funzionano i laboratori di informatica. Il cortile recintato antistante la scuola offre adeguati spazi per le attività motorie, ludiche e per occasioni di aggregazione.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie aule, i laboratori, la palestra e la mensa.

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 | Palestra, refettorio, laboratori | [m ²] | 221,67 | 173,68 | 0 |
| Terra | Aule, biblioteca, infermeria | [m ²] | 334,14 | 269,90 | 0 |
| Primo | Aule | [m ²] | 341,26 | 279,90 | 0 |
| Sottotetto | Non utilizzato | [m ²] | 296,00 | 0 | 0 |
| TOTALE | | [m ²] | 1.183,07 | 723,48 | 0 |

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

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

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

Dal punto di vista storico-artistico l'edificio non presenta vincoli di sorta.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

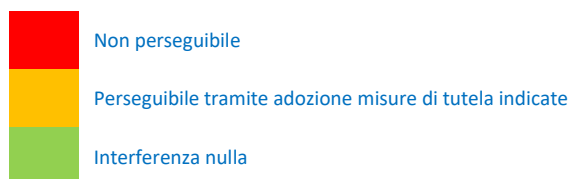


Nell'analisi delle EEM si è comunque resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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: cappotto esterno involucro opaco | - | | Trattandosi di un edificio dei primi del '900 è preferibile la realizzazione di un cappotto interno |
| EEM 2: riqualificazione copertura | - | | - |
| EEM 3: sostituzione dei serramenti | - | | - |
| EEM 4: riqualificazione impianto di riscaldamento | - | | - |
| EEM 5: sostituzione apparecchi illuminanti | - | | - |
| EEM 6: installazione valvole termostatiche | - | | - |

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico.

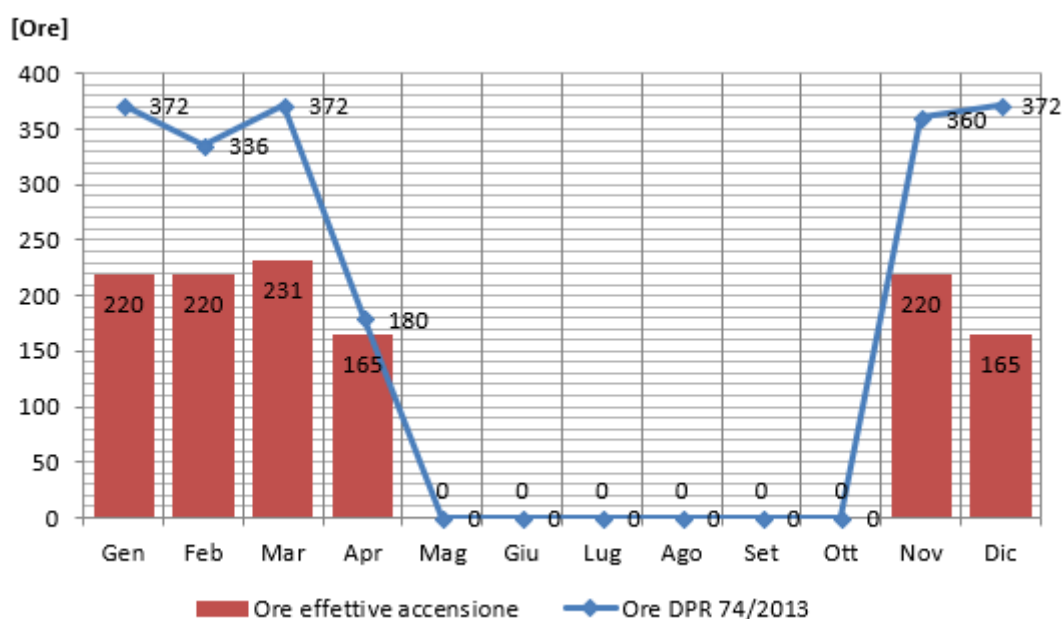
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste al personale e visione del calendario scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal comune e verificati – ove possibile, da sonde di temperatura e umidità interna.

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

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

| PERIODO | GIORNI SETTIMANALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Dal 1 novembre al 15 aprile | dal lunedì al venerdì | 8.00-17.00 | 6.30 – 17.30 |
| | sabato e domenica | spento | spento |
| Dal 15 aprile al 31 ottobre | tutti i giorni | spento | 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 sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, tranne per la mattina in cui l'orario di accensione anticipa la presenza del personale.

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 "Fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova".

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 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 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 | 20 | 20 | 192 | 21% |
| Febbraio | 28 | 10,5 | 28 | 266 | 20 | 20 | 190 | 21% |
| Marzo | 31 | 11,1 | 31 | 276 | 21 | 21 | 187 | 20% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 15 | 71 | 20 | 15 | 73 | 8% |
| Maggio | 31 | 18,7 | - | - | 21 | - | - | - |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 20 | - | - | - |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | 20 | - | - | - |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | - | - | - | - |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 20 | - | - | - |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 21 | - | - | - |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 20 | 20 | 134 | 14% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 15 | 15 | 150 | 16% |
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 218 | 111 | 926 | 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 – PEGLI:

- Longitudine Gradi° Primi' Secondi'' 8° 49' 28.56'
- Latitudine Gradi° Primi' Secondi' 44° 25' 56.172''
- Altezza sul livello del mare (m) 69.

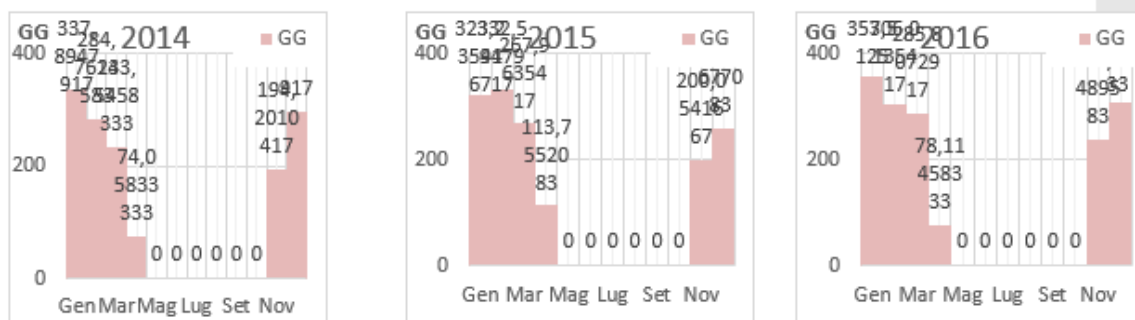
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

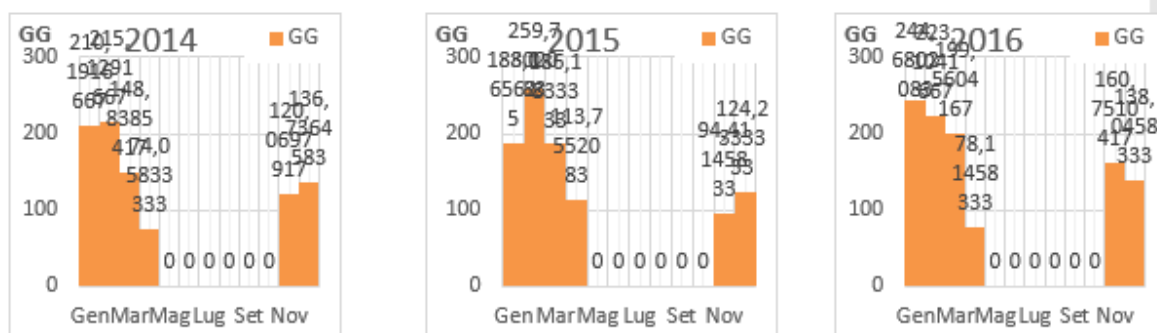
GG₂₀₁₄(166 giorni) = 1423GG₂₀₁₅(166 giorni) = 1498GG₂₀₁₆(166 giorni) = 1576

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 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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

GG₂₀₁₄(111 giorni) = 902GG₂₀₁₅(111 giorni) = 965GG₂₀₁₆(111 giorni) = 1043

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG aumenta nel 2015 e diminuisce nel 2016.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico corpo strutturale realizzato con le tecniche di inizio '900 e quindi mattoni e sassi debitamente intonacati.

La struttura poggia su terreno e la copertura dà su sottotetto non riscaldato.

I serramenti sono principalmente in telaio di legno con vetro singolo.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Il profilo termico della struttura è dovuto in gran parte alla sua morfologia: pareti e copertura non isolate, serramenti poco performanti.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica non è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

Figura 4.2 - Particolare della facciata



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete

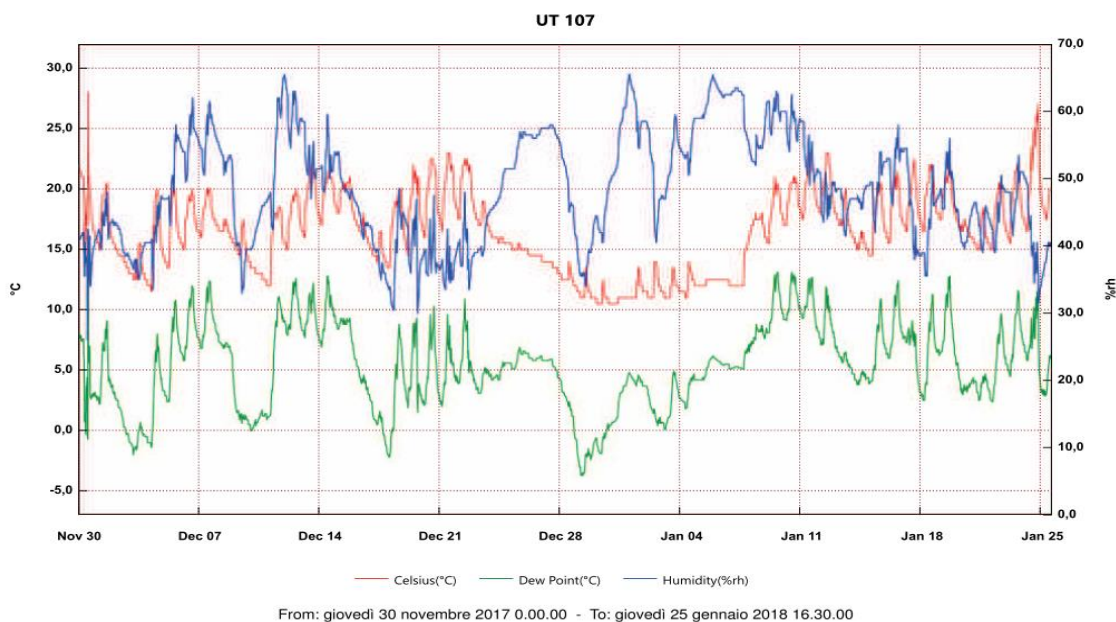


Dal 30 novembre 2017 al 24 gennaio 2018 è stata posizionata, all'interno dell'edificio scolastico, una sonda che ha rilevato in continuo i valori di temperatura ed umidità relativa, i cui risultati sono riportati in allegato - UT 107.

La sonda è stata posizionata in un'aula con presenza costante di studenti. Interrogando il corpo docenti sullo stato di comfort dell'istituto, si è cercato di posizionare la sonda nella zona più "critica" dell'istituto (o la più fredda o la più calda) per avere risultati significativi e utili ai fini della diagnosi.

Il grafico riporta le seguenti informazioni:

- la linea rossa riporta i valori di temperatura in °C, secondo la scala graduata a sinistra;
- la linea blu riporta i valori di umidità relativa, secondo la scala graduata sulla destra;
- la linea verde riporta il valore di temperatura (cd. temperatura di rugiada)



Dal grafico si nota che le temperature si mantengono – durante le giornate di lezione, sempre tra i 16 e i 22 °C. Si rileva un’umidità compresa tra il 60 – 70 %.

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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | SPESSORE | ISOLAMENTO | TRASMITTANZA TERMICA | STATO DI CONSERVAZIONE |
|-----------------------|-----------------------------|----------|------------|----------------------|------------------------|
| | | [cm] | | [W/m ² K] | |
| Copertura | E968 - Copertura NR | 30 | Assente | 1,488 | Buono |
| Parete verticale | E968 - M1 | 70 | Assente | 1,058 | Buono |
| Sottofinestra | E968 – M2 | 30 | Assente | 1,996 | Buono |
| Parete verticale | E968 – M3 | 60 | Assente | 1,198 | Buono |
| Parete verticale | E968 – M4 | 50 | Assente | 1,382 | Buono |
| Pavimento controterra | E968 - Pavimento CT | 30 | Assente | 1,272 | Buono |
| Pavimento | E968 - Pavimento su NR | 30 | Assente | 1,151 | Buono |
| Pavimento su portico | E968 - Pavimento su portico | 30 | Assente | 1,354 | Buono |
| Cassonetto | E968 - Cassonetto | 6 | Assente | 1,493 | Buono |
| Porta | E968 - Porta di legno | 10 | Assente | 0,915 | Buono |
| Porta | E968 - Porta sicurezza | 5 | Assente | 1,195 | Buono |

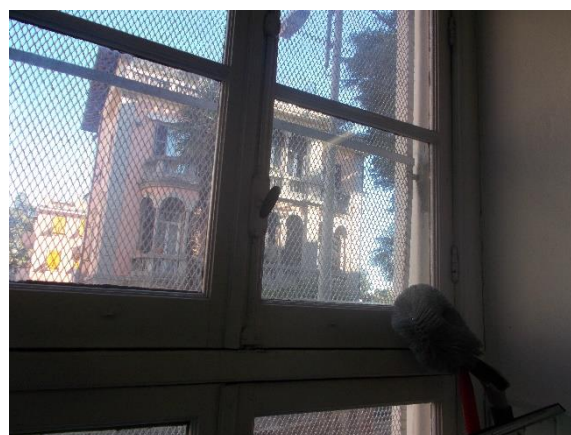
L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è abbastanza buono, ma le loro scarse prestazioni generano infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti, causando dispersioni termiche e creando per gli utenti presenti all’interno dell’edificio.

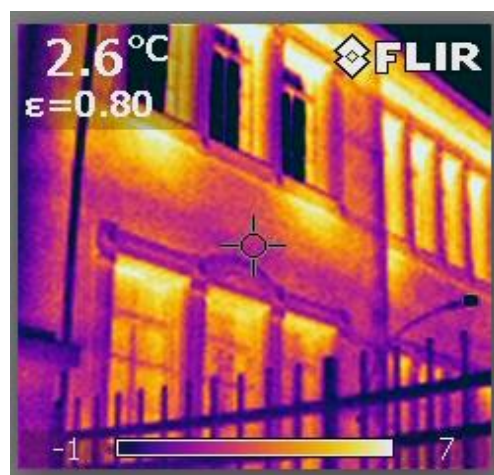
Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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 per determinare la posizione delle irregolarità termiche, con indagini notturne e diurne
- Analisi temperature e umidità interne con posizionamento sonda

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | DIMENSIONI [HXL] [cm] | TIPO TELAIO | TIPO VETRO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|----------------------|--------|--------------------------|-------------|------------|---------------------------------|------------------------|
| Serramento verticale | F1 | 90X70 | Legno | Singolo | 4,407 | Buono |
| Serramento verticale | F2 | 120X90 | Legno | Singolo | 4,637 | Buono |
| Serramento verticale | F3 | 130X70 | Legno | Singolo | 4,461 | Buono |
| Serramento verticale | F4 | 130X120 | Legno | Singolo | 4,851 | Buono |
| Serramento verticale | F5 | 260X140 | Legno | Singolo | 5,077 | Buono |
| Serramento verticale | F6 | 250X90 | Legno | Singolo | 4,804 | Buono |
| Serramento verticale | F7 | 250X140 | Legno | Singolo | 5,070 | Buono |
| Serramento verticale | F8 | 140X80 | Legno | Singolo | 4,708 | Buono |
| Serramento verticale | F9 | 260X130 | Legno | Singolo | 5,040 | Buono |
| Serramento verticale | F10 | 280X100 | Alluminio | Singolo | 4,989 | Buono |
| Serramento verticale | F11 | 280X240 | Alluminio | Singolo | 5,081 | Buono |
| Serramento verticale | F12 | 250X130 | Legno | Singolo | 5,033 | Buono |

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da n.1 caldaia tradizionale per la climatizzazione invernale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore

- Radiatori.



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

Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche (UNI TS 11300:2)

| ZONA TERMICA | TIPOLOGIA DI TERMINALE | RENDIMENTO |
|--------------|------------------------|------------|
| Scuola | Radiatori | 93% |

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

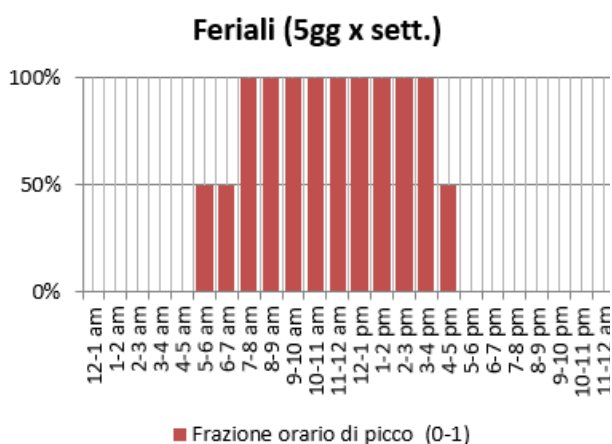
| PIANO | TIPO DI INSTALLAZIONE | NUMERO | POTENZA TERMICA UNITARIA | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA |
|---------------|-----------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|
| | | | [kW] | [kW] |
| Seminterrato | Radiatore su parete | 6 | 1.722 | 10.332 |
| Terra | Radiatore su parete | 13 | 3.139 | 40.803 |
| Primo | Radiatore su parete | 13 | 3,940 | 51,220 |
| TOTALE | | 32 | | 102,354 |

L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit e Allegato E – Mappatura termosifoni E968.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento. Non sono presenti termostati ambiente.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica scuola



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

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.5:

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

| ZONA TERMICA | TIPO DI REGOLAZIONE | RENDIMENTO |
|--------------|---------------------|------------|
| UTA Pari | Climatica | 71% |

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua)



Circuito secondario: è presente una pompa di circolazione gemellare per il circuito secondario così denominato:

- Zona 1: scuola

Dai rilievi effettuati è stato possibile ricavare solo la potenza assorbita dalle pompe.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

| | NOME | SERVIZIO | PORTATA ⁽⁷⁾ | PREVALENZA ⁽⁷⁾ | POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ |
|---------------|-------------|---------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | | m ³ /h | kPa | kW |
| Zona 1 | P1/A – P1/B | mandata acqua calda | - | - | 0,34 |
| TOTALE | | | - | - | 0,34 |

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

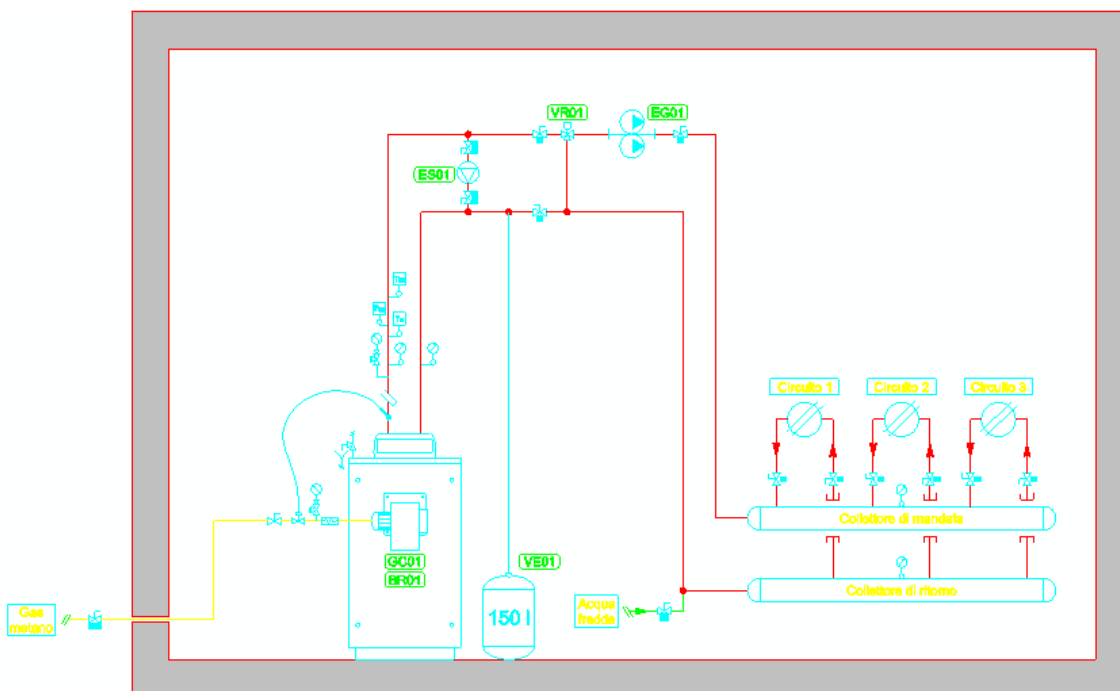
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

| | CIRCUITO | | TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾ | TEMPERATURA CALCOLO |
|--------|----------|-------|-------------------------------------|---------------------|
| | | | °C | °C |
| Zona 1 | Mandata | Caldo | Non rilevata | 70 |
| | Ritorno | Caldo | Non rilevata | 40 |

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 98%.

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 n.1 caldaia tradizionale.

Figura 4.9 - Particolare del generatore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

| Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE [kW] | POTENZA TERMICA UTILE [kW] | RENDIMENTO | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW] |
|---------------------|--------|---------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------|---------------------------------------|
| Gen 1 Riscaldamento | UNICAL | TX 120 | 2000 | - | - | 93% | 130,9 |

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 88,20%.

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 un bollitore elettrico ad accumulo installato nei servizi igienici a ad uso del personale della scuola e degli studenti.

Figura 4.10 - Particolare di [un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria]



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

Tabella 4.9 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria (UNI TS 11300:2)

| SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE | SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE | SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO | SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO | SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE | RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 100% | 99% | 0 | 0 | 75% | 31% |

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche (UNI TS 11300:2)

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE | POTENZA COMPLESSIVA | ORE ANNUE DI UTILIZZO |
|-------------|--------------|--------|------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | W | W | ore |
| Scuola | Proiettore 1 | 1 | 75 | 75 | 1.440 |
| Scuola | PC 1 | 15 | 600 | 9.000 | 1.440 |
| Scuola | Stampante 1 | 2 | 800 | 1.600 | 1.440 |
| Scuola | Stampante 2 | 1 | 1.000 | 1.000 | 1.440 |
| Scuola | Stampante 3 | 2 | 700 | 1.400 | 1.440 |
| Scuola | LIME | 1 | 85 | 85 | 1.440 |

L’elenco riportato in tabella 4.13 fa riferimento alle principali utenze elettriche rilevate nell’edificio scolastico oltre all’illuminazione. Le utenze elettriche presenti nelle aule dedicate al ristoro del corpo insegnanti e di altro personale non sono riportati nella precedente tabella in quanto non significativi. Sono tuttavia state elencate nell’Allegato E - Schema energetico – E968 con specifiche caratteristiche.

Ai fini di un’identificazione più precisa del funzionamento dei componenti elettrici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo con censimento di tutte le utenze elettriche e interviste al personale sulle ore di utilizzo / funzionamento
- Realizzazione di un modello energetico elettrico dove per ciascun’utenza rilevata sono state indicate le ore e i giorni di utilizzo, numero e potenza elettrica installata, fattori di contemporaneità e di carico che hanno permesso di individuare il consumo annuo totale di tutte le utenze elettriche in funzione dei consumi rilevati da bolletta.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli apparati ICT vengono utilizzati quasi per l'intera giornata
- Le altre utenze vengono usate solo in caso di necessità.

Figura 4.11 – particolare rilievo



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 e in Allegato E - Schema energetico – E968.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente neon e fluorescenti da 36 e 58 W.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA UNITARIA | POTENZA COMPLESSIVA |
|-------------|--------------|--------|------------------|---------------------|
| | | | W | W |
| Scuola | Fluorescente | 101 | 36 | 3.636 |
| Scuola | Fluorescente | 3 | 58 | 174 |

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 e in Allegato E - Schema energetico – E968.

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 |

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

La fornitura di gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1.

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

L'analisi dei consumi storici di gas metano si basa sulla base di m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

| PDR | Utilizzo | 2014 [Sm ³] | 2015 [Sm ³] | 2016 [Sm ³] | 2014 [kWh] | 2015 [kWh] | 2016 [kWh] |
|----------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 3270038022966 | Riscaldamento | 2.733 | 2.733 | 2.733 | 2.733 | 2.733 | 2.733 |
| 16220050605791 | Riscaldamento | 2.730 | 5.736 | 8.910 | 25.718 | 54.034 | 83.932 |

Non è stato possibile effettuare una valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento in quanto non sono stati forniti i dati necessari.

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 – non considerato.

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 | GG ^{REALI} SU 111 GIORNI | GG ^{RIF} SU 111 GIORNI | CONSUMO REALE RISC. [Smc] | CONSUMO REALE RISC. [kWh] | α_{rif} | CONSUMO NORMALIZZATO A 926 GG [kWh] | CONSUMO ACS [kWh] | CONSUMO ALTRO [kWh] |
|--------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 2014 | 1.423 | 1.421 | 5.463 | 51.476 | 36,2 | 51.418 | | |
| 2015 | 1.498 | 1.421 | 8.978 | 84.597 | 56,5 | 80.229 | | |
| 2016 | 1.576 | 1.421 | 10.524 | 99.164 | 62,9 | 89.416 | | |
| Media | 1.499 | 1.421 | 8.322 | 78.413 | 52,3 | 74.334 | | |

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi.

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} | - |
| \bar{Q}_{ALTRO} | - |
| $\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$ | 74.334 |
| $Q_{baseline}$ | 74.334 |

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare.

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

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

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica 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 | 2015 | 2016 | MEDIA |
|----------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| IT001E00096290 | Scuola elementare | 45.309 | 11.432 | 12.192 | 11.736 |
| IT001E00096367 | Scuola elementare | 12.861 | 12.897 | 12.161 | 13.146 |
| TOTALE | | 58.170 | 24.329 | 24.353 | 24.882 |

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-E968) ed è emerso che per il primo POD i consumi forniti dalla PA risultano maggiori di quelli ricavati dalle bollette per il 2014 e il 2016 e viceversa per il 2016 mentre per il secondo risultano maggiori di quelli ricavati per tutto il triennio.

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 24.426 kWh.

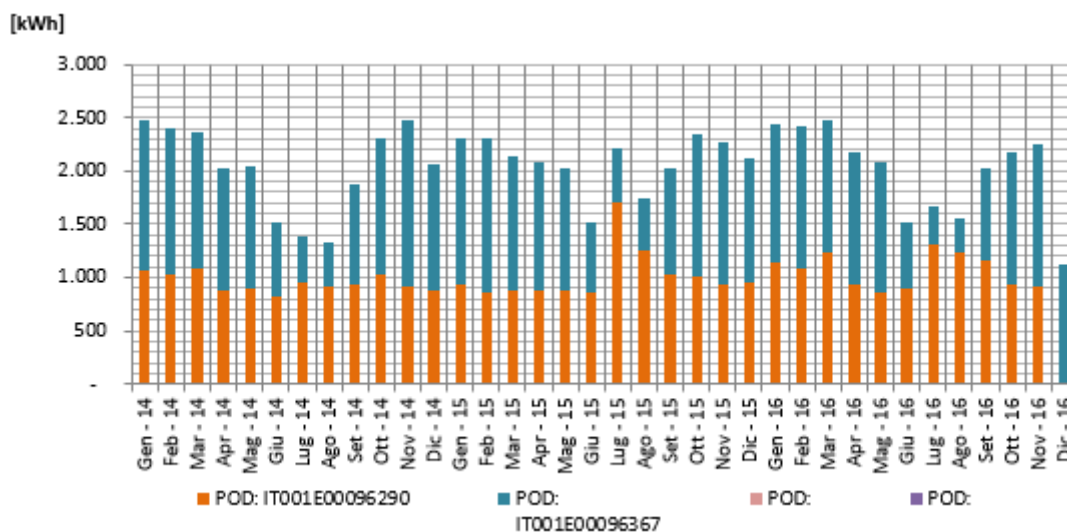
Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00096290 | F1 | F2 | F3 | TOTALE | POD: IT001E00096367 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 14 | 481 | 255 | 341 | 1.077 | Gen - 14 | 932 | 181 | 292 | 1.405 |
| Feb - 14 | 464 | 269 | 303 | 1.036 | Feb - 14 | 965 | 181 | 217 | 1.363 |
| Mar - 14 | 473 | 283 | 338 | 1.094 | Mar - 14 | 841 | 180 | 251 | 1.272 |
| Apr - 14 | 392 | 218 | 270 | 880 | Apr - 14 | 747 | 153 | 253 | 1.153 |
| Mag - 14 | 390 | 229 | 280 | 899 | Mag - 14 | 691 | 163 | 287 | 1.141 |
| Giu - 14 | 347 | 205 | 278 | 830 | Giu - 14 | 362 | 105 | 229 | 696 |
| Lug - 14 | 492 | 230 | 239 | 961 | Lug - 14 | 128 | 94 | 209 | 431 |
| Ago - 14 | 407 | 229 | 273 | 909 | Ago - 14 | 96 | 98 | 231 | 425 |
| Set - 14 | 440 | 230 | 265 | 935 | Set - 14 | 550 | 154 | 243 | 947 |
| Ott - 14 | 498 | 239 | 286 | 1.023 | Ott - 14 | 809 | 189 | 277 | 1.275 |
| Nov - 14 | 390 | 218 | 304 | 912 | Nov - 14 | 943 | 241 | 386 | 1.570 |
| Dic - 14 | 405 | 214 | 257 | 876 | Dic - 14 | 741 | 157 | 285 | 1.183 |
| Totale | 5.179 | 2.819 | 3.434 | 11.432 | Totale | 7.805 | 1.896 | 3.160 | 12.861 |
| POD: IT001E00096290 | F1 | F2 | F3 | TOTALE | POD: IT001E00096367 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 15 | 407 | 244 | 284 | 935 | Gen - 15 | 880 | 189 | 297 | 1.366 |
| Feb - 15 | 402 | 214 | 246 | 862 | Feb - 15 | 987 | 192 | 264 | 1.443 |
| Mar - 15 | 393 | 210 | 268 | 871 | Mar - 15 | 826 | 167 | 278 | 1.271 |
| Apr - 15 | 386 | 199 | 287 | 872 | Apr - 15 | 744 | 156 | 316 | 1.216 |
| Mag - 15 | 394 | 223 | 267 | 884 | Mag - 15 | 568 | 169 | 396 | 1.133 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Giu - 15 | 381 | 216 | 258 | 855 | Giu - 15 | 338 | 106 | 218 | 662 |
| Lug - 15 | 894 | 420 | 398 | 1.712 | Lug - 15 | 152 | 111 | 236 | 499 |
| Ago - 15 | 628 | 322 | 307 | 1.257 | Ago - 15 | 124 | 108 | 262 | 494 |
| Set - 15 | 526 | 242 | 271 | 1.039 | Set - 15 | 580 | 160 | 253 | 993 |
| Ott - 15 | 475 | 270 | 275 | 1.020 | Ott - 15 | 888 | 191 | 245 | 1.324 |
| Nov - 15 | 429 | 225 | 280 | 934 | Nov - 15 | 923 | 164 | 240 | 1.327 |
| Dic - 15 | 444 | 201 | 306 | 951 | Dic - 15 | 748 | 151 | 270 | 1.169 |
| Totale | 5.759 | 2.986 | 3.447 | 12.192 | Totale | 7.758 | 1.864 | 3.275 | 12.897 |
| POD: | | | | | POD: | | | | |
| IT001E00096290 | F1 | F2 | F3 | TOTALE | IT001E00096367 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] | Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 16 | 481 | 299 | 371 | 1.151 | Gen - 16 | 837 | 175 | 279 | 1.291 |
| Feb - 16 | 511 | 276 | 306 | 1.093 | Feb - 16 | 915 | 171 | 235 | 1.321 |
| Mar - 16 | 531 | 306 | 406 | 1.243 | Mar - 16 | 828 | 161 | 235 | 1.224 |
| Apr - 16 | 359 | 260 | 325 | 944 | Apr - 16 | 776 | 178 | 276 | 1.230 |
| Mag - 16 | 386 | 217 | 262 | 865 | Mag - 16 | 872 | 138 | 212 | 1.222 |
| Giu - 16 | 383 | 233 | 281 | 897 | Giu - 16 | 312 | 98 | 202 | 612 |
| Lug - 16 | 624 | 324 | 355 | 1.303 | Lug - 16 | 92 | 83 | 199 | 374 |
| Ago - 16 | 640 | 296 | 297 | 1.233 | Ago - 16 | 79 | 74 | 168 | 321 |
| Set - 16 | 622 | 261 | 275 | 1.158 | Set - 16 | 535 | 132 | 198 | 865 |
| Ott - 16 | 435 | 238 | 266 | 939 | Ott - 16 | 841 | 161 | 226 | 1.228 |
| Nov - 16 | 437 | 217 | 256 | 910 | Nov - 16 | 938 | 158 | 245 | 1.341 |
| Dic - 16 | | | | - | Dic - 16 | 637 | 174 | 321 | 1.132 |
| Totale | 5.409 | 2.927 | 3.400 | 11.736 | Totale | 7.662 | 1.703 | 2.796 | 12.161 |

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.

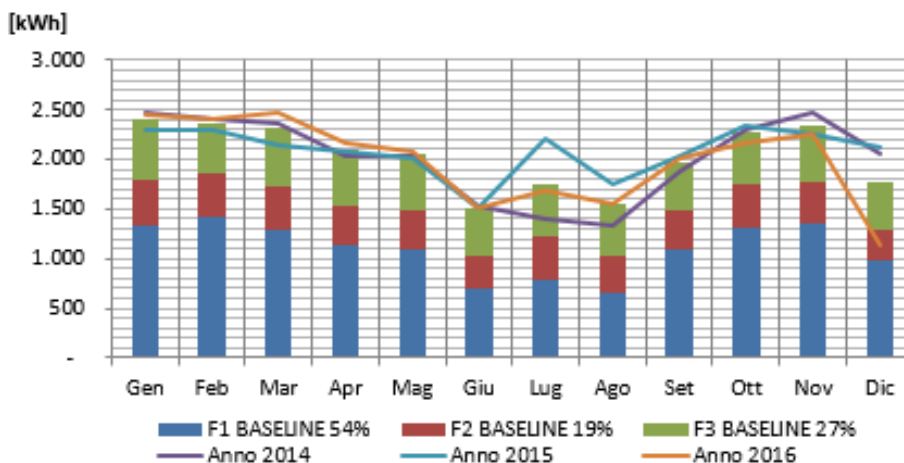
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|-----------|--------|-------|-------|--------|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.339 | 448 | 621 | 2.408 |
| Febbraio | 1.415 | 434 | 524 | 2.373 |
| Marzo | 1.297 | 436 | 592 | 2.325 |
| Aprile | 1.135 | 388 | 576 | 2.098 |
| Maggio | 1.100 | 380 | 568 | 2.048 |
| Giugno | 708 | 321 | 489 | 1.517 |
| Luglio | 794 | 421 | 545 | 1.760 |
| Agosto | 658 | 376 | 513 | 1.546 |
| Settembre | 1.084 | 393 | 502 | 1.979 |
| Ottobre | 1.315 | 429 | 525 | 2.270 |
| Novembre | 1.353 | 408 | 570 | 2.331 |
| Dicembre | 992 | 299 | 480 | 1.770 |
| Totale | 13.191 | 4.732 | 6.504 | 24.426 |

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico 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 variabili.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi.

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 |

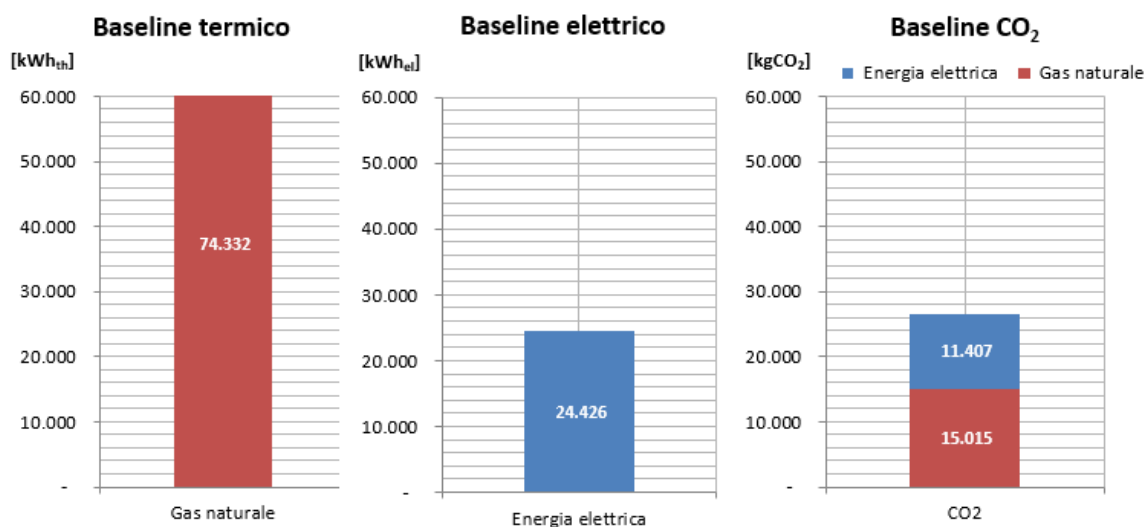
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | [kWh] | [tCO ₂ /MWh] | [tCO ₂] |
| Gas naturale | 74.332 | 0,202 | 15.015 |
| Energia elettrica | 24.426 | 0,467 | 11.407 |

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 | 723 | m ² |
| FATTORE 1 | Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) | 897 | m ² |
| FATTORE 1 | Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate) | 4.138 | m ³ |

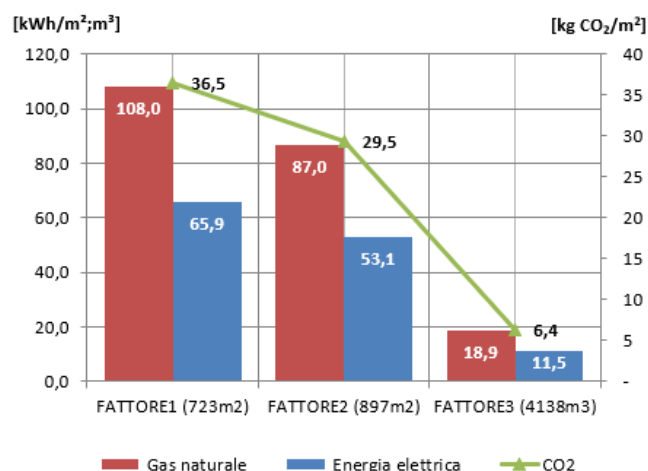
Nella Tabella 5.12 e 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

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

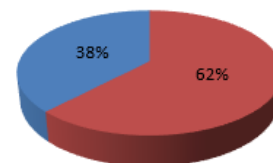
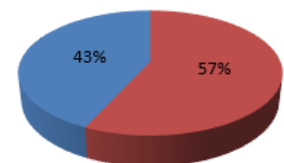
| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|--|--|---|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 77.050 | 1,05 | 80.903 | 111,9 | 90,2 | 19,6 | 21,53 | 17,35 | 3,76 |
| Energia elettrica | 24.426 | 2,42 | 59.112 | 81,8 | 65,9 | 14,3 | 15,78 | 12,72 | 2,76 |
| TOTALE | | | 140.014 | 194 | 156 | 34 | 37 | 30 | 7 |

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

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|---|---|--|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 74.332 | 1,05 | 78.049 | 108,0 | 87,0 | 18,9 | 20,77 | 16,74 | 3,63 |
| Energia elettrica | 24.426 | 1,95 | 47.631 | 65,9 | 53,1 | 11,5 | 15,78 | 12,72 | 2,76 |
| TOTALE | | | 125.680 | 174 | 140 | 30 | 37 | 29 | 6 |

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

 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/(m³ GG anno) | | | Wh/(m² anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 32,07 | 52,70 | 61,77 | - | - | - |
| Energia elettrica | - | - | - | 26,17 | 25,62 | 28,92 |

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per il riscaldamento una classe insufficiente e per l'energia elettrica una classe insufficiente. Si veda dettaglio dei risultati nell'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 non rinnovabile | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 252,73 | 241,59 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 215,46 | 211,56 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | 1,33 | 1,07 |
| Ventilazione | EP_v | kWh/mq anno | 0,00 | 0,00 |
| Raffrescamento | EP_c | kWh/mq anno | 0,00 | 0,00 |
| Illuminazione artificiale | EP_L | kWh/mq anno | 35,95 | 28,97 |
| Trasporto di persone e cose | EP_T | kWh/mq anno | 0,00 | 0,00 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO_{2eq} | Kg/mq anno | 54,80 | 52,38 |

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

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

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-----------------------------|------------------------|--|
| | [m ³ /anno] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale | 16.508 | 155.548 |
| Energia Elettrica | -- | 26.815 |

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni energetici risultanti 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 | $E_{exp,el}$ |

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:

- Ore e giorni reali di funzionamento dell'impianto
- Temperature reali esterne (GG reali) ed interne (uso sonda di temperatura interna)
- Indici di affollamento: valutato l'indice di affollamento in funzione del numero di persone presenti e della superficie occupata da persone
- Rendimento generatore: dal dato di progetto si passa al valore dichiarato da prova fumi

- Indice di affollamento: viene ridotto l'indice di affollamento ipotizzando di ridurre l'indice

rispetto alle condizioni standard, dimezzando il numero delle persone presenti nell'istituto.

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 non rinnovabile | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 76,71 | 73,55 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 65 | 64,41 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | 0,4 | 0,33 |
| Ventilazione | EP_v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP_c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP_L | kWh/mq anno | 10,85 | 8,82 |
| Trasporto di persone e cose | EP_T | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO_{2eq} | Kg/mq anno | 16,68 | 15,95 |

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 | 5.026 | 47.354 |
| Energia Elettrica | -- | 26.815 |

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] | [%] |
| 72.354 | 74.332 | 3 |

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

| $EE_{teorico}$ | $EE_{baseline}$ | Congruità |
|----------------|-----------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 25.426 | 24.426 | 4 |

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

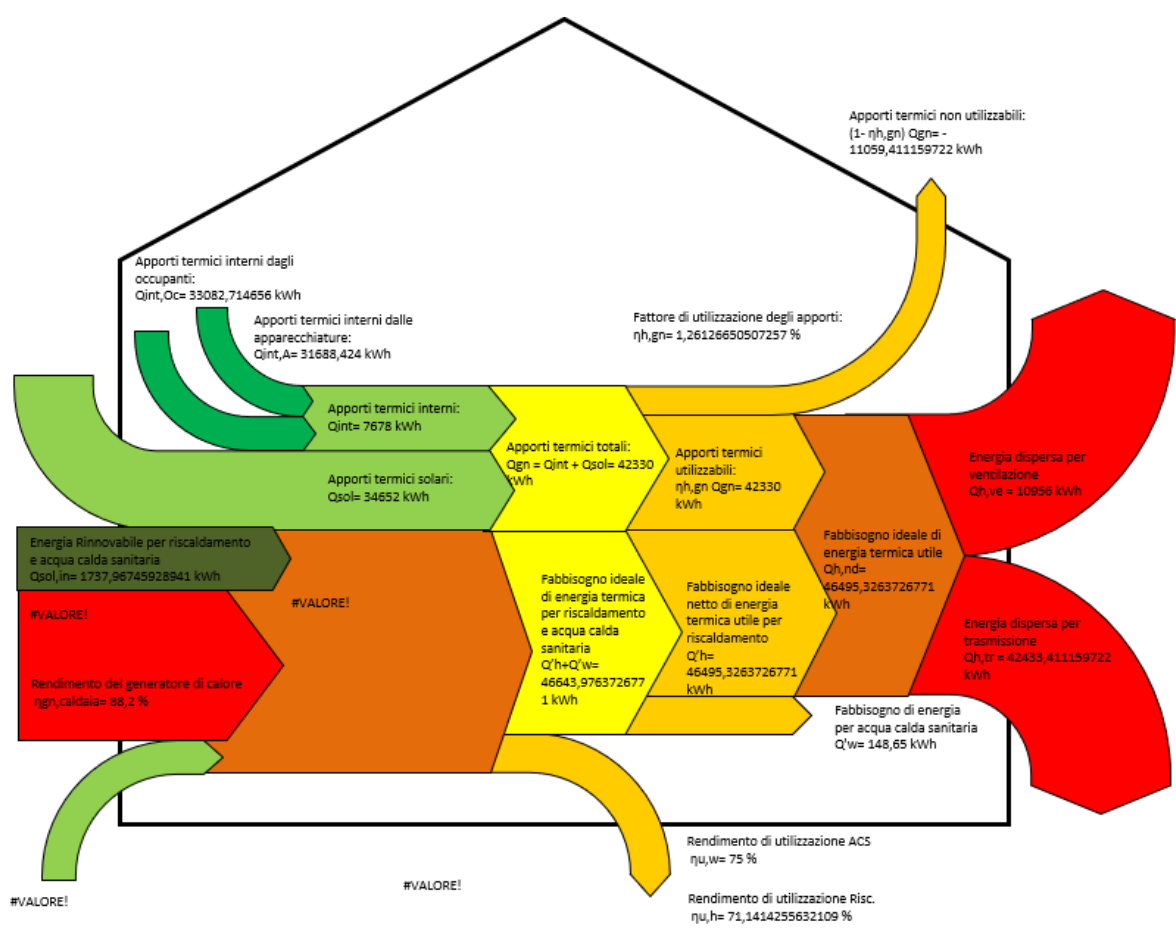
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

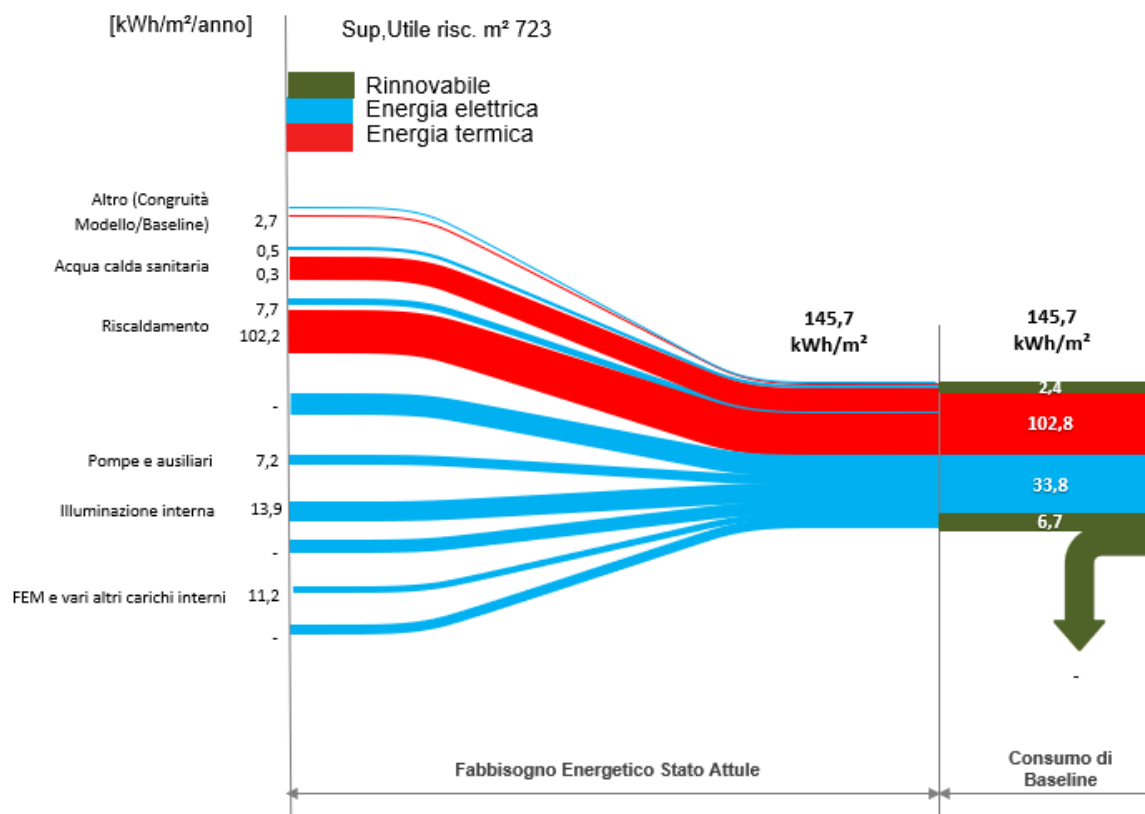
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio presenta dei rendimenti globali medi stagionali bassi per riscaldamento. Questo è facilmente intuibile se consideriamo il fabbisogno globale di energia per riscaldamento e acs. Le perdite per ventilazione e trasmissione risultano molto alte, e questo rispecchia lo stato di fatto dell'immobile.

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

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

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

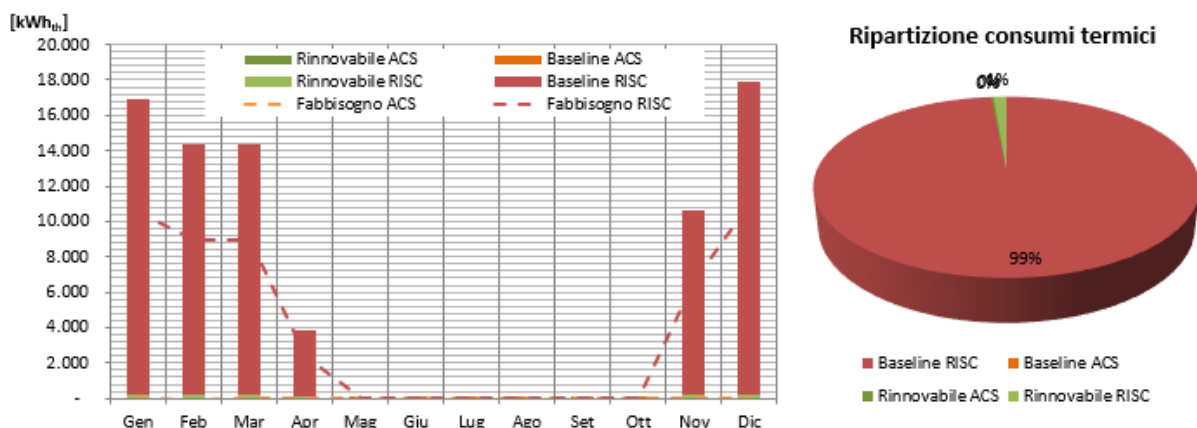
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che la maggior richiesta di energia è relativa alla parte di energia termica (con una quota di rinnovabile molto bassa).

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



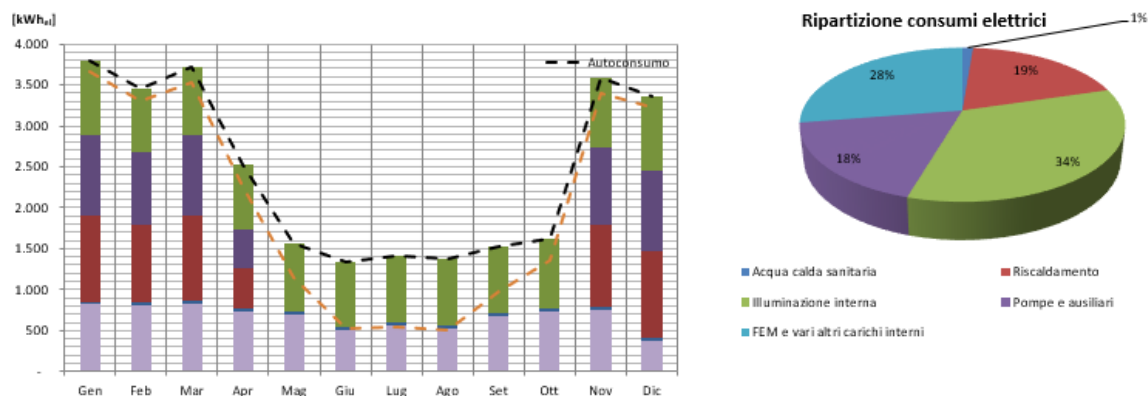
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento.

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, pari circa al 34%.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050605791: 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;
- PDR 2 – 3270038022966: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. Non è stato possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura in quanto non sono stati forniti i dati necessari.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096290: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura;
- POD 2 – IT001E00096367: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura;

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

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00096290 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|---|------------------|-------------|
| Indirizzo di fornitura | VIA FABIO DA PERSICO 47 | | |
| Dati di intestazione fattura | COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1 | | |
| Società di fornitura | EDISON spa | GALA spa | IREN spa |
| Inizio periodo fornitura | 01-10-2013 | Aprile 2015 | Aprile 2016 |
| Fine periodo fornitura | Aprile 2015 | Aprile 2016 | - |
| Potenza elettrica impegnata | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| Potenza elettrica disponibile | 6,00 | 6,60 | 6,60 |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT (escluso IP) | Utenza Altri Usi | Altri usi |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁾ | - | - | - |
| Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾ | 12 | 15 | 15 |
| POD: IT001E00096367 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Indirizzo di fornitura | VIA FABIO DA PERSICO 47 | | |
| Dati di intestazione fattura | COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1 | | |
| Società di fornitura | EDISON spa | GALA spa | IREN spa |
| Inizio periodo fornitura | 01-10-2013 | Aprile 2015 | Aprile 2016 |
| Fine periodo fornitura | Aprile 2015 | Aprile 2016 | - |
| Potenza elettrica impegnata | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Potenza elettrica disponibile | 11,00 | 11,00 | 11,00 |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT (escluso IP) | Utenza Altri Usi | Altri usi |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁾ | - | - | - |
| Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾ | 12 | 15 | 15 |

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

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore è stato sostituito nel corso degli anni e che la potenza elettrica disponibile e impegnata sono rimaste costanti nel tempo.

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

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

| POD: IT001E00096290 | 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 | | 12 | - 12 | | - | - | 1.077 | - |
| Feb - 14 | 91 | 12 | 97 | 13 | 47 | 259 | 1.036 | 0,250 |
| Mar - 14 | 95 | 12 | 101 | 14 | 49 | 271 | 1.094 | 0,247 |
| Apr - 14 | 81 | 12 | 87 | 11 | 42 | 233 | 880 | 0,264 |
| Mag - 14 | 82 | 12 | 88 | 11 | 43 | 236 | 899 | 0,263 |
| Giu - 14 | 75 | 12 | 69 | 10 | 37 | 203 | 830 | 0,244 |
| Lug - 14 | 78 | 12 | 79 | 11 | 40 | 220 | 961 | 0,229 |
| Ago - 14 | 82 | 12 | 90 | 11 | 43 | 238 | 909 | 0,261 |
| Set - 14 | 84 | 12 | 92 | 12 | 44 | 244 | 935 | 0,260 |
| Ott - 14 | 91 | 12 | 100 | 13 | 48 | 264 | 1.023 | 0,258 |
| Nov - 14 | 79 | 12 | 92 | 11 | 43 | 237 | 912 | 0,260 |
| Dic - 14 | 75 | 12 | 89 | 11 | - | 187 | 876 | 0,213 |
| Totale | 912 | 145 | 970 | 128 | 433 | 2.589 | 11.432 | 0,226 |
| POD: IT001E00096290 | 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 | 76 | 13 | 96 | 12 | 43 | 240 | 935 | 0,256 |
| Feb - 15 | 67 | 13 | 90 | 11 | 40 | 221 | 862 | 0,256 |
| Mar - 15 | 59 | 14 | 90 | 11 | 17 | 191 | 871 | 0,220 |
| Apr - 15 | 51 | 15 | 90 | 11 | - | 167 | 872 | 0,191 |
| Mag - 15 | 49 | 15 | 91 | 11 | - | 166 | 884 | 0,188 |
| Giu - 15 | 46 | 15 | 89 | 11 | - | 160 | 855 | 0,187 |
| Lug - 15 | 53 | 15 | 107 | 13 | - | 188 | 1.712 | 0,110 |
| Ago - 15 | 60 | 15 | 125 | 16 | - | 215 | 1.257 | 0,171 |
| Set - 15 | 53 | 15 | 116 | 14 | - | 199 | 1.039 | 0,191 |
| Ott - 15 | 47 | 15 | 108 | 13 | - | 183 | 1.020 | 0,179 |
| Nov - 15 | 41 | 15 | 100 | 12 | - | 168 | 934 | 0,180 |
| Dic - 15 | 42 | 15 | 102 | 12 | - | 171 | 951 | 0,180 |
| Totale | 646 | 173 | 1.204 | 145 | 100 | 2.268 | 12.192 | 0,186 |
| POD: IT001E00096290 | 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 | 51 | 15 | 112 | 14 | - | 192 | 1.151 | 0,167 |
| Feb - 16 | 45 | 15 | 107 | 14 | - | 181 | 1.093 | 0,166 |
| Mar - 16 | 49 | 15 | 119 | 16 | - | 199 | 1.243 | 0,160 |
| Apr - 16 | 152 | 160 | | 23 | 74 | 408 | 944 | 0,433 |

E968 – Scuola elementare Vittorio Alfieri

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|------------|--|--|------------|------------|------------|--------------|---------------|--------------|
| Mag - 16 | | | | | - | - | 865 | - | | |
| Giu - 16 | 80 | 79 | | | 11 | 37 | 208 | 897 | 0,231 | |
| Lug - 16 | 124 | 109 | | | 16 | 55 | 304 | 1.303 | 0,234 | |
| Ago - 16 | 109 | 104 | | | 15 | 50 | 279 | 1.233 | 0,226 | |
| Set - 16 | 113 | 99 | | | 13 | 49 | 273 | 1.158 | 0,236 | |
| Ott - 16 | 101 | 83 | | | 12 | 43 | 239 | 939 | 0,254 | |
| Nov - 16 | 105 | 81 | | | 9 | 43 | 237 | 910 | 0,260 | |
| Dic - 16 | 102 | 81 | | | 11 | 43 | 237 | - | #DIV/0! | |
| Totale | 1.030 | 841 | | | 338 | 154 | 394 | 2.758 | 11.736 | 0,235 |

| POD: IT001E00096367 | 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 | | 12 | - 12 | | - | - | 1.405 | - |
| Feb - 14 | 124 | 12 | 132 | 17 | 29 | 314 | 1.363 | 0,231 |
| Mar - 14 | 115 | 12 | 126 | 16 | 27 | 295 | 1.272 | 0,232 |
| Apr - 14 | 109 | 12 | 119 | 14 | 25 | 280 | 1.153 | 0,243 |
| Mag - 14 | 106 | 12 | 118 | 14 | 25 | 276 | 1.141 | 0,242 |
| Giu - 14 | 63 | 12 | 84 | 9 | 17 | 185 | 696 | 0,265 |
| Lug - 14 | 50 | 12 | 73 | 7 | 14 | 156 | 431 | 0,362 |
| Ago - 14 | 36 | 12 | 63 | 5 | 12 | 128 | 425 | 0,301 |
| Set - 14 | 86 | 12 | 104 | 12 | 21 | 235 | 947 | 0,248 |
| Ott - 14 | 116 | 12 | 133 | 16 | 28 | 305 | 1.275 | 0,239 |
| Nov - 14 | 139 | 12 | 155 | 20 | 33 | 359 | 1.570 | 0,229 |
| Dic - 14 | | 12 | - 12 | | - | - | 1.183 | - |
| Totale | 944 | 146 | 1.083 | 130 | 230 | 2.533 | 12.861 | 0,197 |
| POD: IT001E00096367 | 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 | 114 | 13 | 143 | 17 | - | 287 | 1.366 | 0,210 |
| Feb - 15 | 117 | 13 | 150 | 18 | 30 | 327 | 1.443 | 0,227 |
| Mar - 15 | 94 | 14 | 140 | 17 | 26 | 291 | 1.271 | 0,229 |
| Apr - 15 | 71 | 15 | 130 | 15 | - | 231 | 1.216 | 0,190 |
| Mag - 15 | 54 | 15 | 107 | 12 | - | 187 | 1.133 | 0,165 |
| Giu - 15 | 37 | 15 | 84 | 8 | - | 144 | 662 | 0,217 |
| Lug - 15 | 27 | 15 | 71 | 6 | - | 119 | 499 | 0,239 |
| Ago - 15 | 27 | 15 | 71 | 6 | - | 118 | 494 | 0,240 |
| Set - 15 | 43 | 15 | 109 | 11 | - | 178 | 993 | 0,180 |
| Ott - 15 | 60 | 15 | 147 | 17 | - | 239 | 1.324 | 0,180 |
| Nov - 15 | 57 | 15 | 147 | 17 | - | 236 | 1.327 | 0,178 |
| Dic - 15 | 51 | 15 | 133 | 15 | - | 214 | 1.169 | 0,183 |

| Totale | 752 | 174 | 1.430 | 158 | 56 | 2.571 | 12.897 | 0,199 |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------|------------|--------------|----------------------|------------------------------------|
| POD: IT001E00096367 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| | | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 16 | 56 | 15 | 134 | 16 | - | 222 | 1.291 | 0,172 |
| Feb - 16 | 54 | 15 | 137 | 17 | - | 222 | 1.321 | 0,168 |
| Mar - 16 | 52 | 15 | 136 | 15 | - | 218 | 1.224 | 0,178 |
| Apr - 16 | 215 | 208 | | 31 | 45 | 498 | 1.230 | 0,405 |
| Mag - 16 | | | | | | - | 1.222 | - |
| Giu - 16 | 71 | 58 | | 8 | 14 | 150 | 612 | 0,245 |
| Lug - 16 | 58 | 41 | | 5 | 10 | 114 | 374 | 0,304 |
| Ago - 16 | 52 | 37 | | 4 | 9 | 102 | 321 | 0,318 |
| Set - 16 | 100 | 77 | | 10 | 19 | 205 | 865 | 0,237 |
| Ott - 16 | 140 | 104 | | 15 | 26 | 285 | 1.228 | 0,232 |
| Nov - 16 | 161 | 113 | | 15 | 29 | 317 | 1.341 | 0,237 |
| Dic - 16 | 134 | 97 | | 14 | 24 | 269 | 1.132 | 0,238 |
| Totale | 1.091 | 780 | 406 | 149 | 176 | 2.603 | 12.161 | 0,214 |

Non è stato possibile ricavare i costi di alcuni mesi nel 2014 e nel 2016 gli oneri di sistema parte fissa e parte variabile non sono stati forniti suddivisi.

Nel grafico in Figura 7.1 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 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

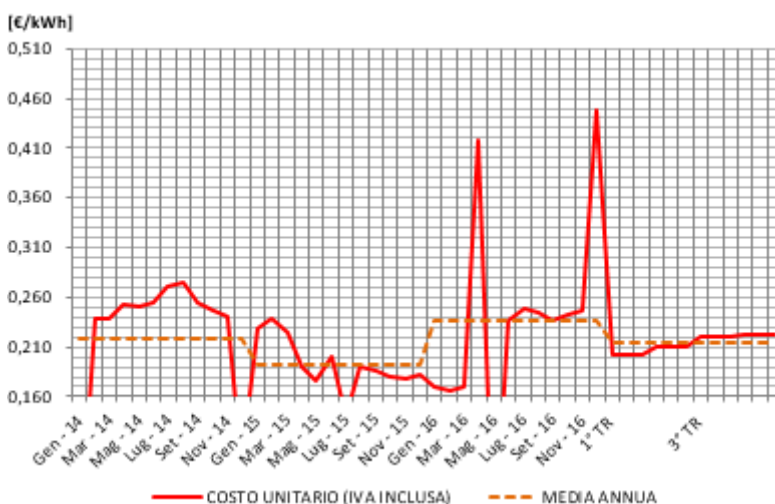
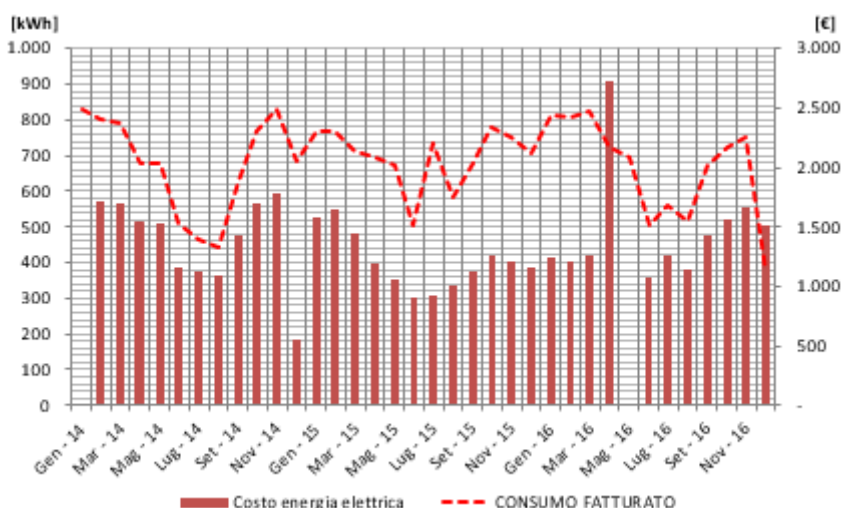


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi ha un picco nel periodo di aprile 2016, probabilmente dovuto al fatto che sono stati fatturati due mesi contemporaneamente.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO | VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | TOTALE |
|-------|-----------------|-------|---------|-------------------|--------|---------|--------|
| | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] |
| 2014 | - | 141 | - | 5.122 | 24.293 | 0,211 | 5.122 |
| 2015 | - | - | - | 4.839 | 25.089 | 0,193 | 4.839 |
| 2016 | - | - | - | 5.361 | 23.897 | 0,224 | 5.361 |
| 2017 | - | - | 0,0831 | - | - | 0,211 | - |
| Media | - | 141 | 0,08 | 5.107 | 24.426 | 0,21 | 5.107 |

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

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

| Definizione | | Valore | U.M. |
|---------------------------------------|--|------------------|--------------|
| Costo unitario dell'energia termica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | Cu _Q | 0,08 [€/kWh] |
| Costo unitario dell'energia elettrica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | Cu _{EE} | 0,21 [€/kWh] |

Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-385 E968: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza < 35 kW
- L1-042-080 E968: 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 rispettivamente a 285,35 € e 11.240,00 €.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.5.

Tabella 7.5 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione | | Valore | U.M. |
|--|---|------------------------|----------|
| Costo per la gestione e manutenzione ordinaria | Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere | CM _o 10.373 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | CM _s 1.153 | [€/anno] |

Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

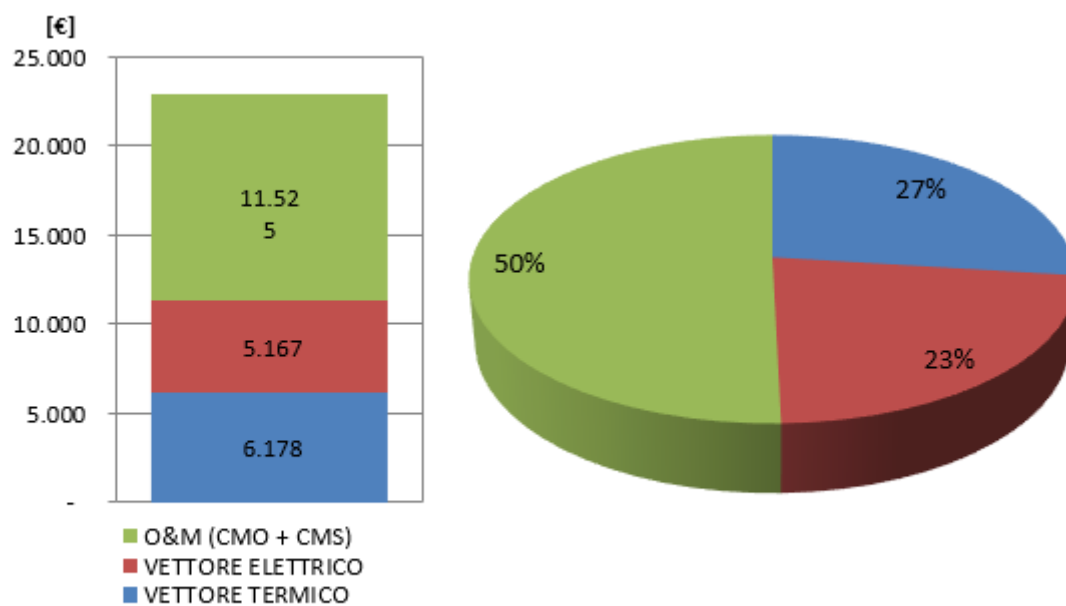
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 5.152 e un C_{baseline} pari a € 23.081.

Tabella 7.6 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

| VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | O&M (C _{Mo} + C _{Ms}) | | TOTALE | |
|-----------------------|-----------------|----------------|------------------------|------------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------|
| Q _{baseline} | C _{Uq} | C _q | EE _{baseline} | C _{UEE} | C _{EE} | C _M | C _{Mo} | C _{Ms} | CQ+CEE+CM |
| [kWh] | [€/kWh] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] |
| 74.332 | 0,083 | 6.178 | 24.426 | 0,212 | 5.167 | 11.525 | 10.373 | 1.153 | 22.870 |

Figura 7.3 – 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: Cappotto interno

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un cappotto interno in polistirene espanso additivato con grafite (valore di conduttività pari a 0,031 W/m²K) al fine di ridurre la trasmittanza termica di parete, protetto da una lastra in cartongesso.

La realizzazione del cappotto, migliorando la trasmittanza termica di parete, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico

Caratteristiche funzionali e tecniche

La parete verticale, mediante la realizzazione di un cappotto termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica inferiore a 0,32 W/m²°K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Descrizione dei lavori

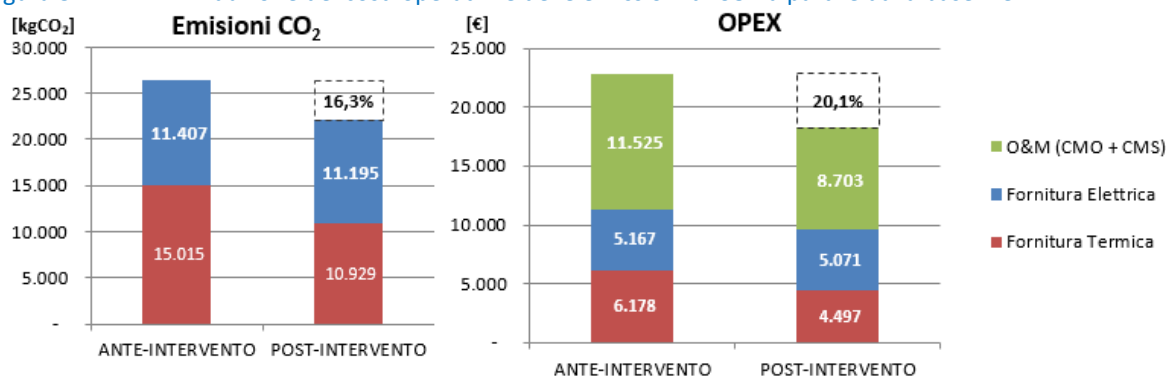
La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – cappotto interno

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1trasmittanza | [W/m ² K] | 1,2 | 0,3 | 75,0% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 52.663 | 27,2% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 24.953 | 1,9% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 54.103 | 27,2% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.426 | 23.971 | 1,9% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 10.929 | 27,2% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 11.195 | 1,9% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 26.422 | 22.123 | 16,3% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 4.497 | 27,2% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 5.071 | 1,9% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 9.567 | 15,7% |
| C _{MO} | [€] | 10.373 | 7.550 | 27,2% |
| C _{MS} | [€] | 1.153 | 1.153 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 8.703 | 24,5% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 18.270 | 20,1% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classi |

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM2: Rifacimento copertura

Caratteristiche funzionali e tecniche

La copertura, mediante la realizzazione di un isolamento termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica pari a 0,24 W/m²°K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021. A protezione dell'isolamento termico e per garantire l'impermeabilità della copertura, verrà realizzata una doppia guaina bituminosa, la più esterna delle quali avrà un valore di riflettanza solare non inferiore a 0,76, così come stabilito dal DM 11 ottobre 2017, in tema di criteri ambientali minimi per gli edifici pubblici.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

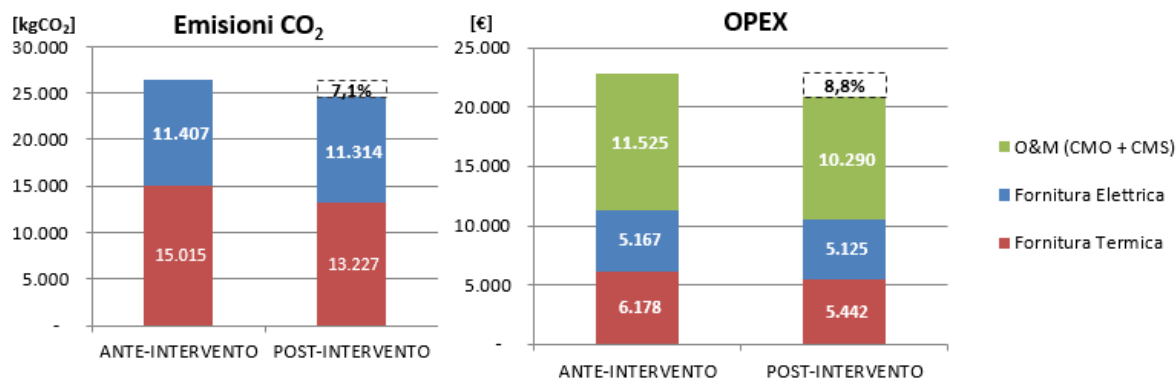
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 Tabella 8.2 e Figura 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – COPERTURA

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM2 trasmittanza | [W/m ² K] | 1,49 | 0,26 | 82,6% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 63.738 | 11,9% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 25.219 | 0,8% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 65.480 | 11,9% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.426 | 24.227 | 0,8% |
| Emiss. CO ₂ Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 13.227 | 11,9% |
| Emiss. CO ₂ Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 11.314 | 0,8% |
| Emiss. CO₂ TOT | [kgCO₂] | 26.422 | 24.541 | 7,1% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 5.442 | 11,9% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 5.125 | 0,8% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 10.567 | 6,9% |
| C _{MO} | [€] | 10.373 | 9.138 | 11,9% |

| | | | | |
|--|-----|--------|--------|-----------|
| C _{MS} | [€] | 1.153 | 1.153 | 0,0% |
| O&M (C _{Mo} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 10.290 | 10,7% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 20.857 | 8,8% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM3: isolamento pavimento su seminterrato

Caratteristiche funzionali e tecniche

Il pavimento, mediante la realizzazione di un isolamento termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica pari a 0,25 W/m²°K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

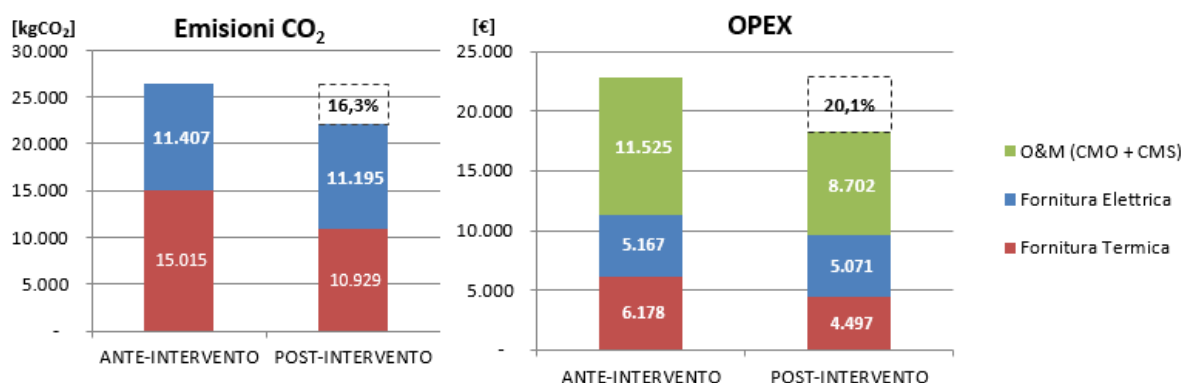
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 Tabella 8.3 e Figura 8.3.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – pavimento su seminterrato

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM3 trasmittanza | [W/m ² K] | 1,35 | 0,25 | 81,5% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 52.663 | 27,2% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 24.953 | 1,9% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 54.103 | 27,2% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.426 | 23.971 | 1,9% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 10.929 | 27,2% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 11.195 | 1,9% |

| Emiss. CO2 TOT | [kgCO ₂] | 26.422 | 22.123 | 16,3% |
|--|----------------------|---------------|--------------|--------------|
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 4.497 | 27,2% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 5.071 | 1,9% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 9.567 | 15,7% |
| C _{MO} | [€] | 10.373 | 7.550 | 27,2% |
| C _{MS} | [€] | 1.153 | 1.153 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 8.702 | 24,5% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 18.270 | 20,1% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM4: sostituzione serramenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi serramenti in PVC, al fine di ridurre la trasmittanza termica degli stessi.

La posa di nuovi serramenti, migliorando la trasmittanza termica degli infissi, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione, un miglioramento delle condizioni di comfort termico e, con l'utilizzo di vetri stratificati, una significativa riduzione del rumore esterno.

Figura 8.4 – Serramento



Caratteristiche funzionali e tecniche

I nuovi serramenti raggiungeranno un valore di trasmittanza termica inferiore a 1,40 W/m²K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Il serramento avrà un doppio vetro, costituito da due lastre stratificate, livello di sicurezza 2(B)2 secondo norma UNI EN 12600 ed un valore di trasmissione solare inferiore o uguale a 0,35, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

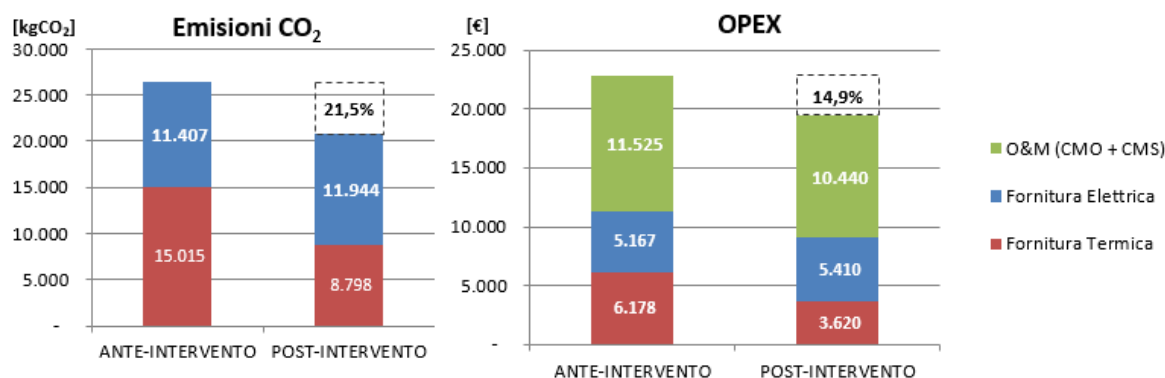
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 Tabella 8.4 e Figura 8.5.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – sostituzione serramenti

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM4 trasmittanza | [W/m ² K] | 3,3 | 1,3 | 60,6% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 42.398 | 41,4% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 26.623 | -4,7% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 43.557 | 41,4% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 24.426 | 25.576 | -4,7% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 8.798 | 41,4% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 11.944 | -4,7% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 26.422 | 20.742 | 21,5% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 3.620 | 41,4% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 5.410 | -4,7% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 9.030 | 20,4% |
| C _{MO} | [€] | 10.373 | 9.287 | 10,5% |
| C _{MS} | [€] | 1.153 | 1.153 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 10.440 | 9,4% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 19.470 | 14,9% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classi |

Figura 8.5 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM5: Sostituzione caldaia

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore di calore con un generatore a gas metano a condensazione.

La sostituzione del generatore di calore, comporterà un miglior rendimento nella combustione del gas metano e, conseguentemente, una riduzione delle emissioni

Figura 8.6 – Particolare della caldaia



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la riqualificazione generale della centrale termica, con la installazione di un nuovo generatore di calore a condensazione. La potenza termica del nuovo generatore viene assunta pari a quella del generatore esistente, considerando il singolo intervento, senza ulteriori interventi sull'involucro edilizio.

Descrizione dei lavori

La sostituzione del generatore di calore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

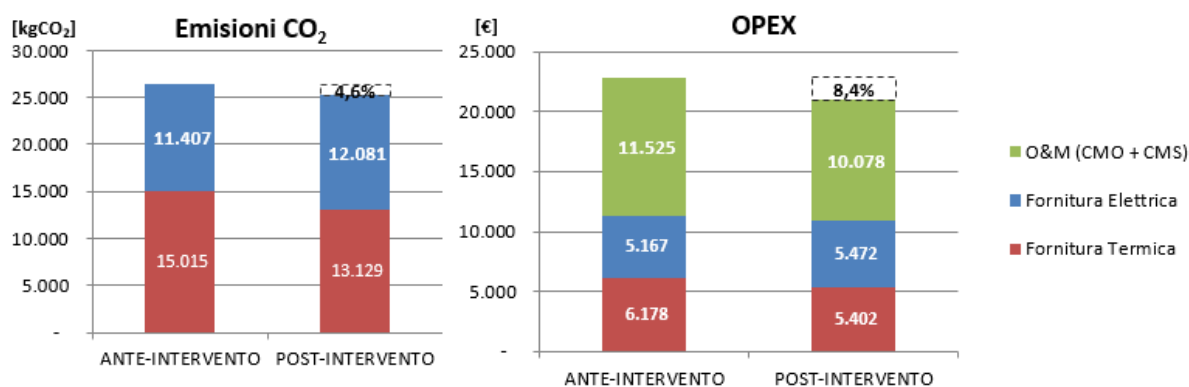
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 Tabella 8.5 e Figura 8.7.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – sostituzione caldaia

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM5 rendimento di generazione | - | 88,3 | 104 | 17,8% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 63.265 | 12,6% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 26.929 | -5,9% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 64.995 | 12,6% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 24.426 | 25.870 | -5,9% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 13.129 | 12,6% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 12.081 | -5,9% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 26.422 | 25.210 | 4,6% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 5.402 | 12,6% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 5.472 | -5,9% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 10.874 | 4,1% |
| C _{MO} | [€] | 10.373 | 9.070 | 12,6% |
| C _{MS} | [€] | 1.153 | 1.008 | 12,6% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 10.078 | 12,6% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 20.952 | 8,4% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

Figura 8.7 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM7: Valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.

Figura 8.8 – Particolare radiatore



Caratteristiche funzionali e tecniche

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.

Descrizione dei lavori

L'installazione delle valvole e degli inverter deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Si prevede tale attività nella stagione estiva.

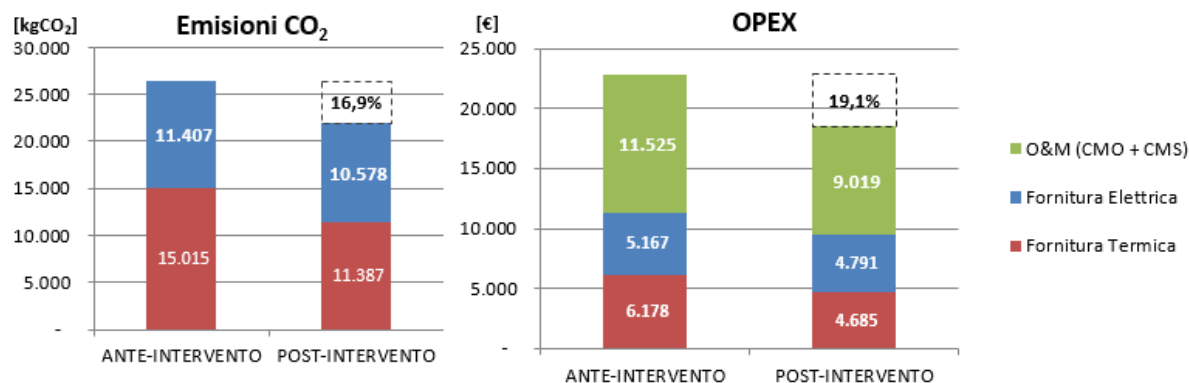
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.6 e Figura 8.8.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM7 – valvole termostatiche e pompe a giri variabili

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM7 rendimento di regolazione | - | 71,5 | 99,5 | 39,2% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 72.354 | 54.871 | 24,2% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 25.426 | 23.578 | 7,3% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 74.332 | 56.371 | 24,2% |
| $EE_{baseline}$ | [kWh] | 24.426 | 22.651 | 7,3% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 11.387 | 24,2% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 10.578 | 7,3% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 26.422 | 21.965 | 16,9% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 6.178 | 4.685 | 24,2% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 5.167 | 4.791 | 7,3% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 9.476 | 16,5% |
| C_{MO} | [€] | 10.373 | 7.866 | 24,2% |

| | | | | |
|--|-----|--------|--------|-----------|
| C _{MS} | [€] | 1.153 | 1.153 | 0,0% |
| O&M (C _{Mo} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 9.019 | 21,8% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 18.495 | 19,1% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classi |

Figura 8.9 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM6: Sostituzione lampade

Generalità

La misura preveda la sostituzione dei corpi illuminanti nelle aule, corridoi, servizi igienici e aule del personale.

Figura 8.10 – Particolare di un corpo illuminante



Caratteristiche funzionali e tecniche

Verranno installati corpi illuminanti a led, con accensione e spegnimento automatico con sensore di presenza nei corridoi e nei bagni. Nelle aule ci sarà la possibilità di regolare manualmente l'illuminazione. Sarà installato un orologio per lo spegnimento automatico di tutti i corpi durante le ore notturne (tranne le luci di emergenza).

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

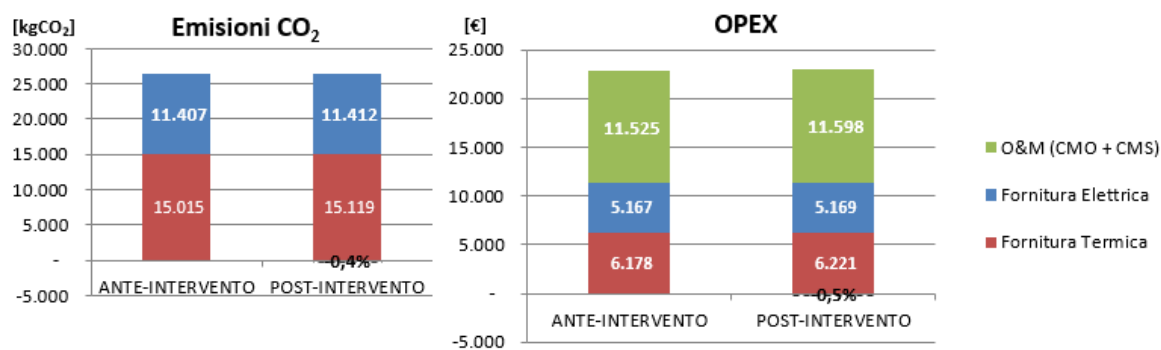
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.7 e Figura 8.11.

Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – sostituzione corpi illuminanti

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM6 Potenza elettrica | Watt | 3982 | 1926 | 51,6% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 72.856 | -0,7% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 25.438 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 74.848 | -0,7% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.426 | 24.438 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 15.119 | -0,7% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 11.412 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 26.422 | 26.532 | -0,4% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 6.221 | -0,7% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 5.169 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 11.390 | -0,4% |
| C _{MO} | [€] | 10.373 | 10.445 | -0,7% |
| C _{MS} | [€] | 1.153 | 1.153 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 11.598 | -0,6% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 22.988 | -0,5% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

Figura 8.11 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: cappotto interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento interno dell'involucro opaco.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

| Tipologia di intervento | | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa) | Costo massimo ammissibile (C_{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€] |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| Articolo 4, comma 1, lettera a) | <i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture | | | $(i+ii+iii) \leq 400.000$ |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| | <i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | <i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| Articolo 4, comma 1, lettera b) | <i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento. | 40 (**) | 350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C | 75.000 |
| | | | 450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F | 100.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera c) | <i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – cappotto interno

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/m²cm] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m²cm] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA [%] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|--|---------------------------|----------|------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm | Prezzario Regione Liguria | 8796 | m2cm | € 3,49 | € 3,17 | € 27 907,31 | 22% | € 34 046,92 |
| Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idrorepellente, impermeabile e traspirante in sacchi. Resa per mano 1,8 kg. | Prezzario Regione Liguria | 733 | kg | € 0,82 | € 0,75 | € 546,42 | 22% | € 666,63 |
| Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso. | Prezzario Regione Liguria | 366,5 | kg | € 0,49 | € 0,45 | € 163,26 | 22% | € 199,18 |
| Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo. | Prezzario Regione Liguria | 733 | m2 | € 14,28 | € 12,98 | € 9 515,67 | 22% | € 11 609,12 |
| Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo | Prezzario Regione Liguria | 733 | m2 | € 7,26 | € 6,60 | € 4 837,80 | 22% | € 5 902,12 |
| 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 | 733 | m2 | € 4,81 | € 4,37 | € 3 205,21 | 22% | € 3 910,36 |
| Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri. | Prezzario Regione Liguria | 0 | m2 | € 21,17 | € 19,25 | € - | 22% | € - |
| 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 | 733 | m2 | € 23,79 | € 21,63 | € 15 852,79 | 22% | € 19 340,40 |
| Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa. | Prezzario Regione Liguria | 0 | m2 | € 4,80 | € 4,36 | € - | 22% | € - |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 1 860,85 | 22% | € 2 270,24 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 4 341,99 | 22% | € 5 297,23 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 68 231 | 22% | € 83 242 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 33 296,88 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 6 659,38 |

EEM2: isolamento copertura

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nel rifacimento copertura.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

| Tipologia di intervento | | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa) | Costo massimo ammissibile (C_{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€] |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| Articolo 4, comma 1, lettera a) | <i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture | | | $(i+ii+iii) \leq 400.000$ |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| | <i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | <i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 80 €/m ² | |
| | Parete ventilata | 40 (*) (**) | 150 €/m ² | |
| Articolo 4, comma 1, lettera b) | <i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento. | 40 (**) | 350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C | 75.000 |
| | | | 450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F | 100.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera c) | <i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – isolamento copertura

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|---------------------------|----------|------|---------------------------|--------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/m ² cm] | [€/m ² cm] | [€] | [%] | [€] |
| Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm | Prezzario Regione Liguria | 4774 | m2cm | € 3,49 | € 3,17 | € 15 146,60 | 22% | € 18 478,85 |
| Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg. | Prezzario Regione Liguria | 341 | kg | € 0,82 | € 0,75 | € 254,20 | 22% | € 310,12 |
| Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso. | Prezzario Regione Liguria | 170,5 | kg | € 0,49 | € 0,45 | € 75,95 | 22% | € 92,66 |
| Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri. | Prezzario Regione Liguria | 8,525 | m2 | € 21,17 | € 19,25 | € 164,07 | 22% | € 200,16 |
| Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa. | Prezzario Regione Liguria | 341 | m2 | € 4,80 | € 4,36 | € 1 488,00 | 22% | € 1 815,36 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 469,22 | 22% | € 572,45 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 1 094,86 | 22% | € 1 335,73 |
| TOTALE (I₀- EEM1) | | | | | | € 18 693 | 22% | € 22 805 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 9 122,13 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 1 824,43 |

EEM3: isolamento pavimento su locale non riscaldato

Nella Tabella 9.3 La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

| Tipologia di intervento | | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa) | Costo massimo ammissibile (C_{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€] |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| Articolo 4, comma 1, lettera a) | <i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture | | | $(i+ii+iii) \leq 400.000$ |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| | <i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | <i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| Articolo 4, comma 1, lettera b) | <i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento. | 40 (**) | 350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C | 75.000 |
| | | | 450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F | 100.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera c) | <i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'isolamento del pavimento su locale non riscaldato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – isolamento pavimento

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|---------------------------|----------|------|---------------------------|--------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/m ² cm] | [€/m ² cm] | [€] | [%] | [€] |
| Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm | Prezzario Regione Liguria | 1574,58 | m2cm | € 3,49 | € 3,17 | € 4 995,71 | 22% | € 6 094,77 |
| Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg. | Prezzario Regione Liguria | 112,47 | kg | € 0,82 | € 0,75 | € 83,84 | 22% | € 102,29 |
| Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso. | Prezzario Regione Liguria | 56,235 | kg | € 0,49 | € 0,45 | € 25,05 | 22% | € 30,56 |
| Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri. | Prezzario Regione Liguria | 2,81175 | m2 | € 21,17 | € 19,25 | € 54,11 | 22% | € 66,02 |
| Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa. | Prezzario Regione Liguria | 112,47 | m2 | € 4,80 | € 4,36 | € 490,78 | 22% | € 598,75 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 154,76 | 22% | € 188,81 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 361,11 | 22% | € 440,55 |
| TOTALE (I₀- EEM1) | | | | | | € 6 165 | 22% | € 7 522 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 3 008,70 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 601,74 |

EEM4: sostituzione serramenti

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

| Tipologia di intervento | | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa}) | Costo massimo ammissibile (C _{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€] |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| Articolo 4, comma 1, lettera a) | <i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture | | | $(i+ii+iii) \leq 400.000$ |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| | <i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | <i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| Articolo 4, comma 1, lettera b) | <i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento. | 40 (**) | 350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C | 75.000 |
| | | | 450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F | 100.000 |
| | | | | |
| Articolo 4, comma 1, lettera c) | <i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – sostituzione serramenti

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO | PREZZO | TOTALE | TOTALE | |
|---|-------------------------------|----------|------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| | | | | UNITARIO PREZZARIO | UNITARIO SCONTATO | (IVA ESCLUSA) | IVA | (IVA INCLUSA) |
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [%] | [€] |
| 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 | 60 | m2 | € 39,61 | € 36,01 | € 2 160,55 | 22% | € 2 635,87 |
| 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 | 60 | m2 | € 328,90 | € 299,00 | € 17 940,00 | 22% | € 21 886,80 |
| Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno. | Prezziario Regione Liguria | 30,98 | m | € 7,59 | € 6,90 | € 213,79 | 22% | € 260,82 |
| 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 | 9 | m3 | € 11,77 | € 10,70 | € 96,30 | 22% | € 117,49 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 612,32 | 22% | € 747,03 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 1 428,74 | 22% | € 1 743,07 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 22 452 | 22% | € 27 391 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 10 956,43 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 2 191,29 |

EEM5: sostituzione caldaia

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

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

| Tipologia di intervento | | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa}) | Costo massimo ammissibile (C _{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€] |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| Articolo 4, comma 1, lettera a) | <i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture | | | $(i+ii+iii) \leq 400.000$ |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| | <i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | <i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| Interno | 40 (*) (**) | 80 €/m ² | | |
| Parete ventilata | 40 (*) (**) | 150 €/m ² | | |
| Articolo 4, comma 1, lettera b) | <i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento. | 40 (**) | 350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C | 75.000 |
| | | | 450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F | 100.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera c) | <i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |

| | | | | |
|---------------------------------|---|---------|----------------------|-----------|
| | <i>ii.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} > 35$ kWt | 40 (**) | 130 €/kWt | 40.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera d) | Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili | 40 | 150 €/m ² | 30.000 |
| | Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature | 40 | 30 €/m ² | 5.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera e) | <i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C | 65 | 500 €/m ² | 1.500.000 |
| | <i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F | 65 | 575 €/m ² | 1.750.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera f) | <i>i.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza | 40 | 15 €/m ² | 30.000 |
| | <i>ii.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led | 40 | 35 €/m ² | 70.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera g) | Installazione di tecnologie di <i>building automation</i> | 40 | 25 €/m ² | 50.000 |

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – SOSTITUZIONE CALDAIA

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO | TOTALE | TOTALE | TOTALE |
|---|---------------------------|----------|-------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| | | | | PREZZARIO | SCONTATO | (IVA ESCLUSA) | IVA | (IVA INCLUSA) |
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [%] | [€] |
| Caldia 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: 525 Kw circa | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 26 754,75 | € 24 322,50 | € 24 322,50 | 22% | € 29 673,45 |
| Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 232,76 | € 211,60 | € 211,60 | 22% | € 258,15 |
| 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 da 701 Kw a 1300 Kw | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 614,79 | € 558,90 | € 558,90 | 22% | € 681,86 |
| Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m | Prezzario Regione Liguria | 15 | cad | € 21,13 | € 19,21 | € 288,14 | 22% | € 351,53 |
| Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm | Prezzario Regione Liguria | 2 | cad | € 28,46 | € 25,87 | € 51,75 | 22% | € 63,13 |
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 120,60 | € 109,64 | € 109,64 | 22% | € 133,76 |
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 29,71 | € 27,01 | € 27,01 | 22% | € 32,95 |
| Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 146,74 | € 133,40 | € 133,40 | 22% | € 162,75 |
| Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 76,47 | € 69,52 | € 69,52 | 22% | € 84,81 |
| Opere edili Operaio Qualificato | Prezzario Regione Liguria | 15 | h | € 34,41 | € 31,28 | € 469,23 | 22% | € 572,46 |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 40 | h | € 31,88 | € 28,98 | € 1 159,27 | 22% | € 1 414,31 |
| Trasporto a discarica 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 discarica 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 | 100 | m ³ km | € 4,72 | € 4,29 | € 429,09 | 22% | € 523,49 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 834,90 | 22% | € 1 018,58 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 1 948,10 | 22% | € 2 376,69 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 30 613 | 22% | € 37 348 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 14 939,16 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 2 987,83 |

EEM6: sostituzione lampade con lampade a led

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione delle lampade con lampade a led.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

| Tipologia di intervento | | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa) | Costo massimo ammissibile (C _{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€] |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| Articolo 4, comma 1, lettera a) | <i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture | | | $(i+ii+iii) \leq 400.000$ |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| | <i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | <i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| Interno | 40 (*) (**) | 80 €/m ² | | |
| Parete ventilata | 40 (*) (**) | 150 €/m ² | | |
| Articolo 4, comma 1, lettera b) | <i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento. | 40 (**) | 350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C | 75.000 |
| | | | 450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F | 100.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera c) | <i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con P _{n int} ≤ 35 kWt | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |

| | | | | |
|---------------------------------|--|---------|----------------------|-----------|
| | ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n, int} > 35$ kWt | 40 (**) | 130 €/kWt | 40.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera d) | Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili | 40 | 150 €/m ² | 30.000 |
| | Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature | 40 | 30 €/m ² | 5.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera e) | i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica A, B, C | 65 | 500 €/m ² | 1.500.000 |
| | ii. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica D, E, F | 65 | 575 €/m ² | 1.750.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera f) | i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza | 40 | 15 €/m ² | 30.000 |
| | ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led | 40 | 35 €/m ² | 70.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera g) | Installazione di tecnologie di <i>building automation</i> | 40 | 25 €/m ² | 50.000 |

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – SOSTITUZIONE LAMPADE

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE | | TOTALE | |
|---|-------------------------|----------|------|----------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|--|
| | | | | | | (IVA ESCLUSA) | IVA | (IVA INCLUSA) | |
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [%] | [€] | |
| 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 | 107 | cad | € 98,61 | € 89,65 | € 9 592,06 | 22% | € 11 702,32 | |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 287,76 | 22% | € 351,07 | |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 671,44 | 22% | € 819,16 | |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 10 551 | 22% | € 12 873 | |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 5 149,02 | |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 | |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 1 029,80 | |

EEM7: valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Nella tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 7, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe a giri variabili.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

| Tipologia di intervento | | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa) | Costo massimo ammissibile (C_{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€] |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| Articolo 4, comma 1, lettera a) | <i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture | | | $(i+ii+iii) \leq 400.000$ |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| | <i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | <i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| | Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| | Interno | 40 (*) (**) | 80 €/m ² | |
| Articolo 4, comma 1, lettera b) | <i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento. | 40 (**) | 350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C | 75.000 |
| | | | 450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F | 100.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera c) | <i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n, int} \leq 35$ kWt | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |

| | | | | |
|---------------------------------|--|---------|----------------------|-----------|
| | ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n, int} > 35$ kWt | 40 (**) | 130 €/kWt | 40.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera d) | Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili | 40 | 150 €/m ² | 30.000 |
| | Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature | 40 | 30 €/m ² | 5.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera e) | i. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica A, B, C | 65 | 500 €/m ² | 1.500.000 |
| | ii. Trasformazione degli edifici esistenti in “edifici a energia quasi zero NZEB” – zona climatica D, E, F | 65 | 575 €/m ² | 1.750.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera f) | i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza | 40 | 15 €/m ² | 30.000 |
| | ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led | 40 | 35 €/m ² | 70.000 |
| Articolo 4, comma 1, lettera g) | Installazione di tecnologie di <i>building automation</i> | 40 | 25 €/m ² | 50.000 |

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM7 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO | TOTALE | IVA | TOTALE |
|--|---------------------------|----------|------|----------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | | | | PREZZARIO | SCONTATO | (IVA ESCLUSA) | (IVA INCLUSA) | |
| | | | | [€/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 | 32 | cad | € 35,42 | € 32,20 | € 1 030,40 | 22% | € 1 257,09 |
| Circulatori 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 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h | Prezzario Regione Liguria | 3 | cad | € 4 587,21 | € 4 170,19 | € 12 510,57 | 22% | € 15 262,90 |
| Sola posa in opera di pompe e/o circulatori 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 80 mm fino a 100 mm | Prezzario Regione Liguria | 3 | cad | € 97,34 | € 88,49 | € 265,47 | 22% | € 323,88 |
| Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 22,69 | € 20,63 | € 20,63 | 22% | € 25,17 |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 20 | h | € 31,88 | € 28,98 | € 569,98 | 22% | € 695,37 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 431,91 | 22% | € 526,93 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 1 007,79 | 22% | € 1 229,51 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 15 837 | 22% | € 19 321 |
| Incentivi | Conto termico | | | | | | | € 7 728,34 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 1 545,67 |

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: cappotto interno

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

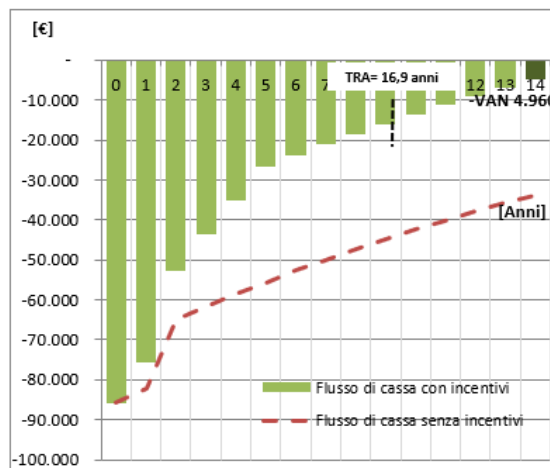
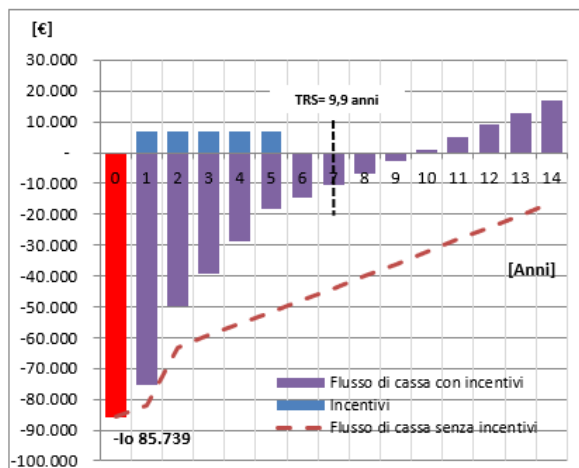
Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– cappotto interno

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 83 242 |
| 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 | 6 659 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 4,0% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 18,2 | 9,9 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 35,0 | 16,9 |
| Valore attuale netto | VAN | - 12.230 | 16.601 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 3,5% | 7,5% |
| Indice di profitto | IP | -0,15 | 0,20 |

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 conveniente (TRS < 15 anni) e VAN positivo con incentivi.

EEM2: rifacimento copertura

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– copertura

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 22 805 |
| 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 | 1 824 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 4,0% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 11,5 | 6,6 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 17,9 | 9,0 |
| Valore attuale netto | VAN | 6.450 | 14.349 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 7,6% | 12,0% |
| Indice di profitto | IP | 0,28 | 0,63 |

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

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

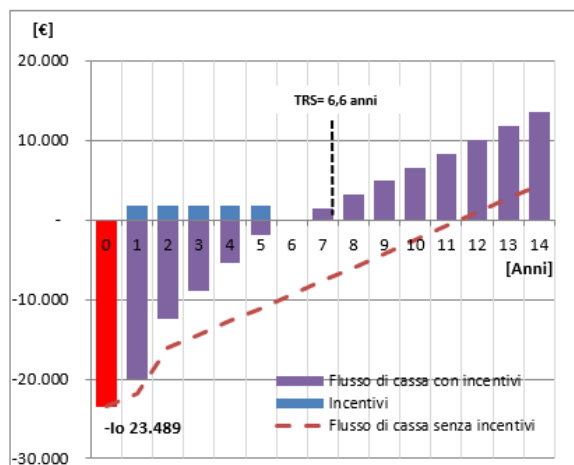
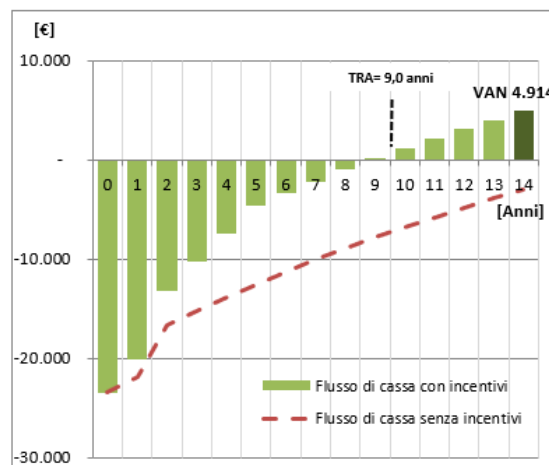


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente (TRS < 15 anni) e VAN positivo con e senza incentivi.

EEM3: isolamento pavimento su NR

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– PAVIMENTO SU NR

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|---------------------------------|------------------------|--------|--------|
| Investimento Iniziale | I₀ | € | 7 522 |
| Oneri Finanziari % _l | 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 | 602 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 4,0% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|------------|------------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 1,7 | 1,5 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 1,9 | 1,6 |
| Valore attuale netto | VAN | 53.378 | 55.982 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 53,2% | 60,3% |
| Indice di profitto | IP | 7,10 | 7,44 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nella Figura 9.5 e 9.6.

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

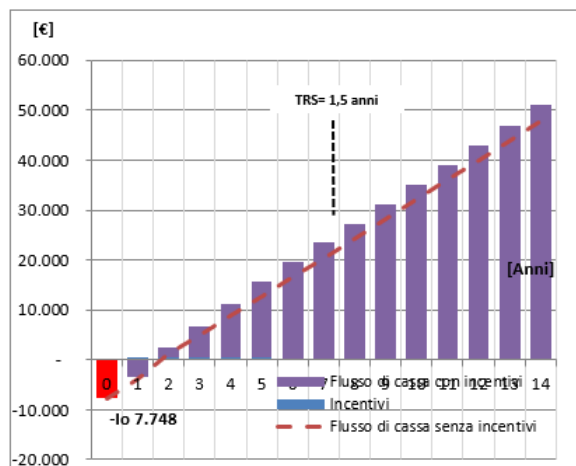
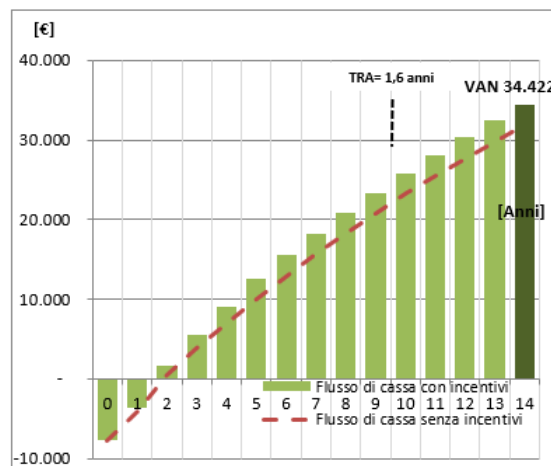


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha TRS minore di 15 anni e VAN positivo.

EEM4 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 27 391 |
| 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 | 2 191 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 4,0% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 8,2 | 4,7 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 10,9 | 6,0 |
| Valore attuale netto | VAN | 22.116 | 31.603 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 11,7% | 16,5% |
| Indice di profitto | IP | 0,81 | 1,15 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nella figura seguenti.

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

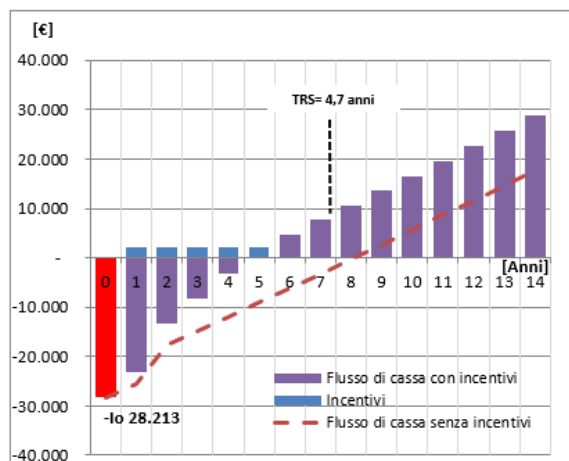
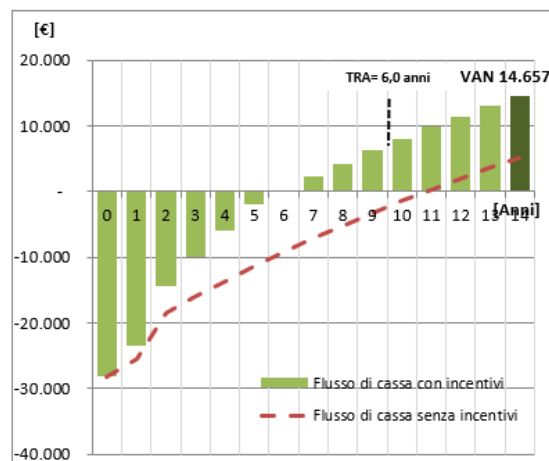


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM5: CALDAIA A CONDESAZIONE

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– CALDAIA A CONDESAZIONE

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 37 348 |
| Oneri Finanziari % i_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 15 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 2 988 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 4,0% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 19,8 | 10,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 26,3 | 16,5 |
| Valore attuale netto | VAN | - 16.529 | - 3.593 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -4,1% | 2,8% |
| Indice di profitto | IP | -0,44 | -0,10 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure seguenti.

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

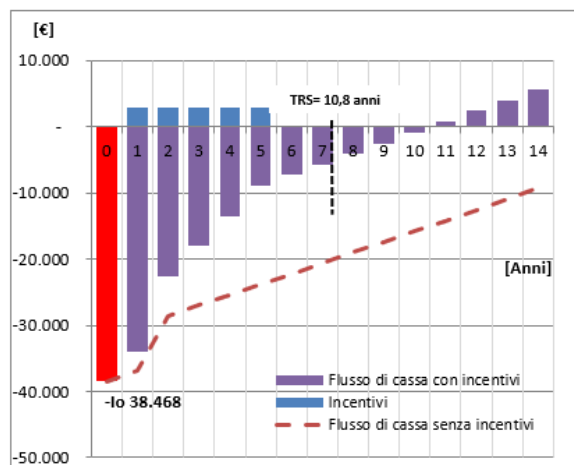
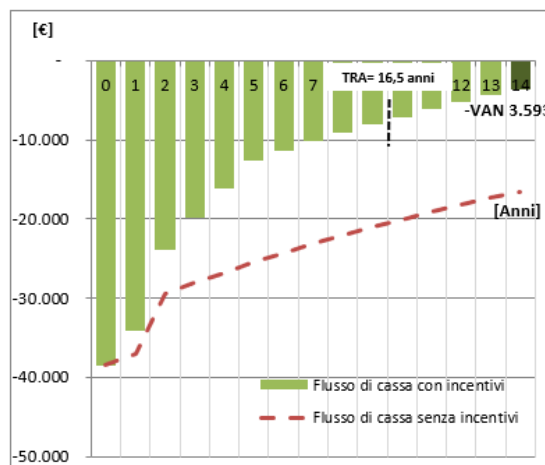


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha TRS < 25 anni ma VAN negativo con e senza incentivi.

EEM6 – SOSTITUZIONE ILLUMINAZIONE

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

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6 – SOSTITUZIONE ILLUMINAZIONE

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------|-------------|--------|--------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 12 873 |
| Oneri Finanziari % l_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 10 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 1 030 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 4,0% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|------------|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 92,2 | 20,1 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 94,1 | 22,6 |
| Valore attuale netto | VAN | - 11.851 | - 7.392 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | ----- | -27,6% |
| Indice di profitto | IP | -0,92 | -0,57 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure seguenti.

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

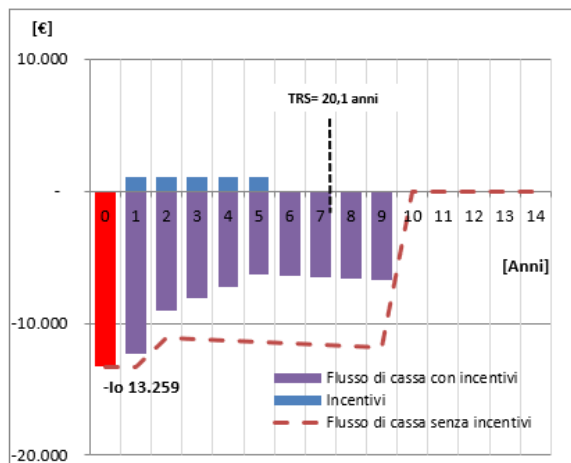
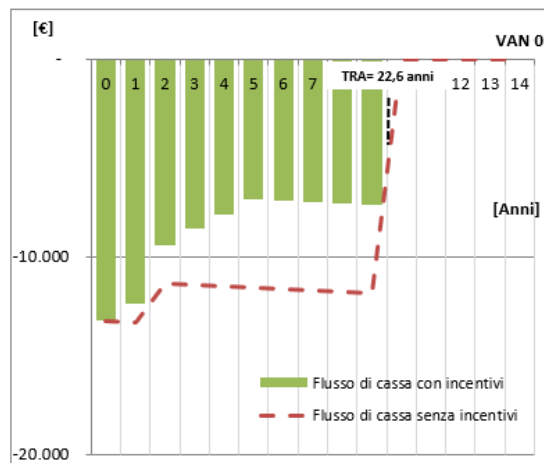


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non è conveniente.

EEM7 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 7 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.14 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM7 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I₀ | € | 19 321 |
| Oneri Finanziari % _{lo} | 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 | 1 546 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 4,0% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 4,6 | 3,3 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 5,5 | 3,7 |
| Valore attuale netto | VAN | 19.818 | 26.510 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 19,2% | 25,8% |
| Indice di profitto | IP | 1,03 | 1,37 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure seguenti.

Figura 9.13 – EEM7: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

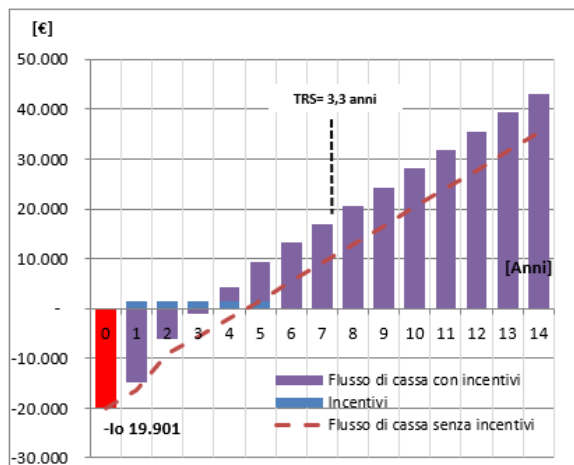
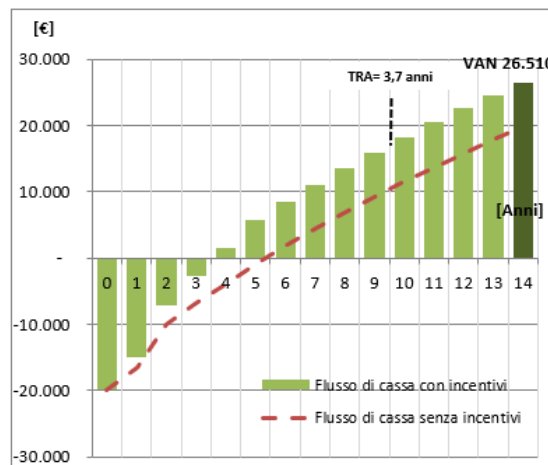


Figura 9.14 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.15 e Tabella 9.16

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

| | SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------|
| | % Δ_E [%] | % Δ_{CO_2} [%] | ΔC_E [€/anno] | ΔC_{MO} [€/anno] | ΔC_{MS} [€/anno] | I_0 [€] | TRS [anni] | TRA [anni] | n [anni] | VAN [€] | TIR [%] | IP [-] |
| EEM 1 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 83.242 | 18.2 | 35 | 30 | -12.230 | 3.5 | -0.15 |
| EEM 2 | 11.9 | 7.1 | 777 | 1.235 | 0 | 22.805 | 11.5 | 17.9 | 30 | 6.450 | 7.6 | 0.28 |
| EEM 3 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 7.522 | 1.7 | 1.9 | 30 | 53.378 | 53.2 | 7.10 |
| EEM 4 | 41.4 | 21.5 | 2.314 | 1.085 | 0 | 27.391 | 8.2 | 10.9 | 30 | 22.216 | 11.7 | 0.81 |
| EEM 5 | 12.6 | 4.6 | 470 | 1.303 | 0 | 37.348 | 19.8 | 26.3 | 15 | -16.529 | -4.1 | -0.44 |
| EEM 6 | 0.0 | -0.4 | 45 | 72 | 0 | 12.873 | 92.2 | 94.1 | 10 | -11.851 | --- | -0.92 |
| EEM 7 | 24.2 | 16.9 | 1.868 | 2.506 | 0 | 19.321 | 4.6 | 5.5 | 15 | 19.818 | 19.2 | 1.03 |

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi convenienti senza incentivi sono solo EEM2 e EEM3, EEM7 con TRS < 15 anni e VAN positivo.

Tabella 9.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | %Δ _E | %Δ _{CO2} | ΔC _E | ΔC _{MO} | ΔC _{MS} | I ₀ | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM 1 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 83.242 | 9.9 | 16.9 | 30 | 16.601 | 7.5 | 0.20 |
| EEM 2 | 11.9 | 7.1 | 777 | 1.235 | 0 | 22.805 | 6.6 | 9.0 | 30 | 14.349 | 12.0 | 0.63 |
| EEM 3 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 7.522 | 1.5 | 1.6 | 30 | 55.982 | 60.3 | 7.44 |
| EEM 4 | 41.4 | 21.5 | 2.314 | 1.085 | 0 | 27.391 | 4.7 | 6.0 | 30 | 31.603 | 16.5 | 1.15 |
| EEM 5 | 12.6 | 4.6 | 470 | 1.303 | 0 | 37.348 | 10.8 | 16.5 | 15 | -3.593 | 2.8 | -0.10 |
| EEM 6 | 0.0 | -0.4 | 45 | 72 | 0 | 12.873 | 20.1 | 22.6 | 10 | -7.392 | -27.6 | -0.57 |
| EEM 7 | 24.2 | 16.9 | 1.868 | 2.506 | 0 | 19.321 | 3.3 | 3.7 | 15 | 26.510 | 25.8 | 1.37 |

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi EEM1, EEM2, EEM4, EEM7 hanno TRS < 15 anni e VAN positivo (ad eccezione di EEM 5). Gli altri interventi EEM 5 ed EEM6 hanno VAN negativi ma tempi di ritorno inferiori a 25 anni.

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 proposte, 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 soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%

- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- 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: 15 anni:** Tale scenario consiste nell'isolamento dell'involucro opaco, isolamento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione generatore di calore, valvole termostatiche e pompe a giri variabili
- **Scenario 2: 25 anni:** Tale scenario consiste nell'isolamento dell'involucro opaco, isolamento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione generatore di calore, sostituzione lampade, valvole termostatiche e pompe a giri variabili

9.3.1 Scenario 1: 15 anni:

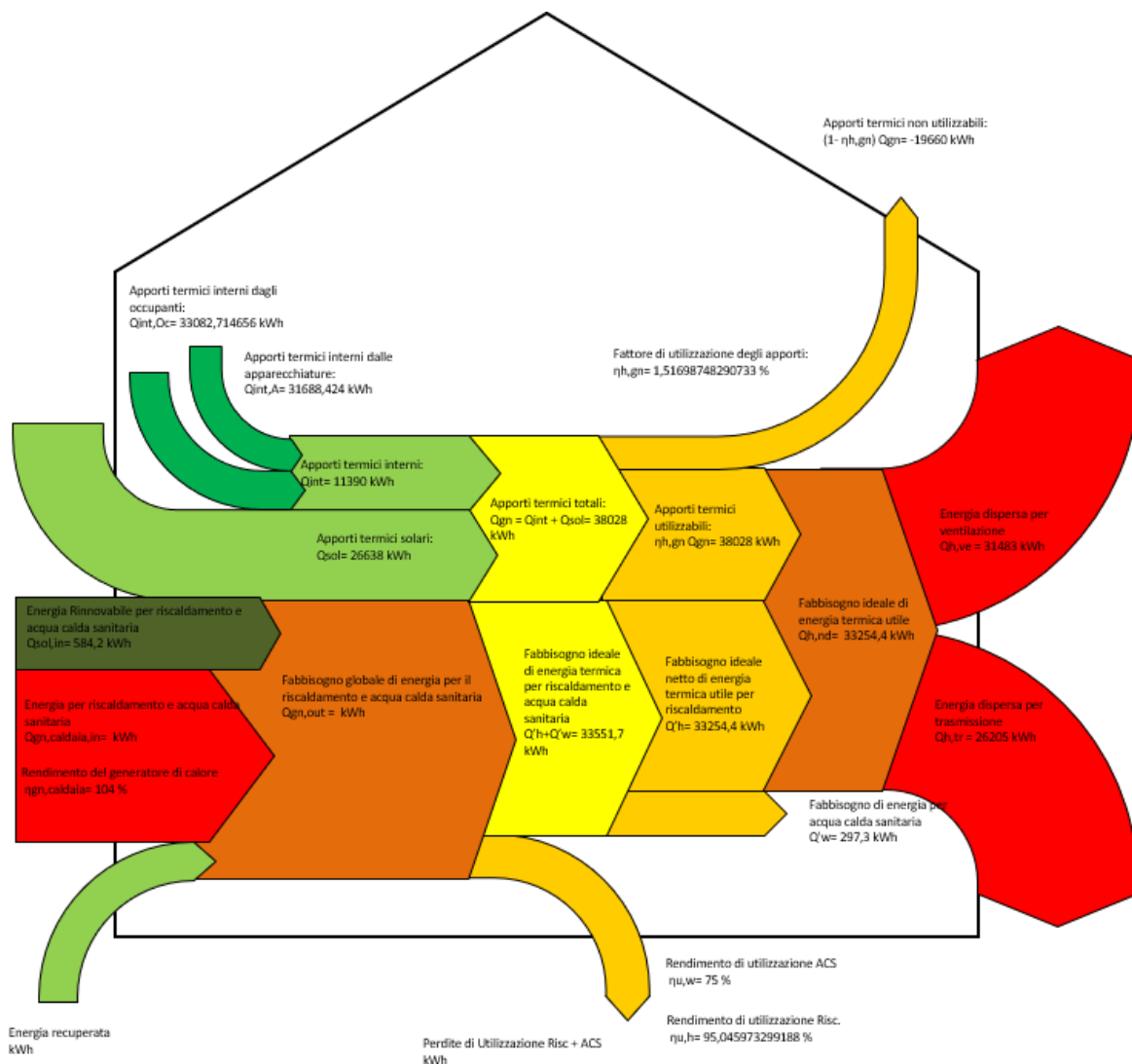
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.3 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA AL 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | € | € | € |
| EEM1 Fornitura & Posa | 62.028 | 13.646 | 76.675 |
| EEM2 Fornitura & Posa | 17.129 | 3.768 | 20.867 |
| EEM4 Fornitura & Posa | 20.411 | 4.490 | 24.901 |
| EEM5 Fornitura & Posa | 27.830 | 6.123 | 33.953 |
| EEM7 Fornitura & Posa | 14.397 | 3.167 | 17.564 |
| Costi per la sicurezza | 4.209 | 926 | 5.135 |
| Costi per la progettazione | 9.821 | 2.160 | 11.982 |
| TOTALE (I₀) | 155.825 | 34.280 | 190.105 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |
| | € | € | € |
| EEM1 O&M | 2.487 | 227 | 2.714 |
| TOTALE (C_M) | 2.487 | 227 | 2.714 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | Conto termico | 76.041 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 15.208 | |

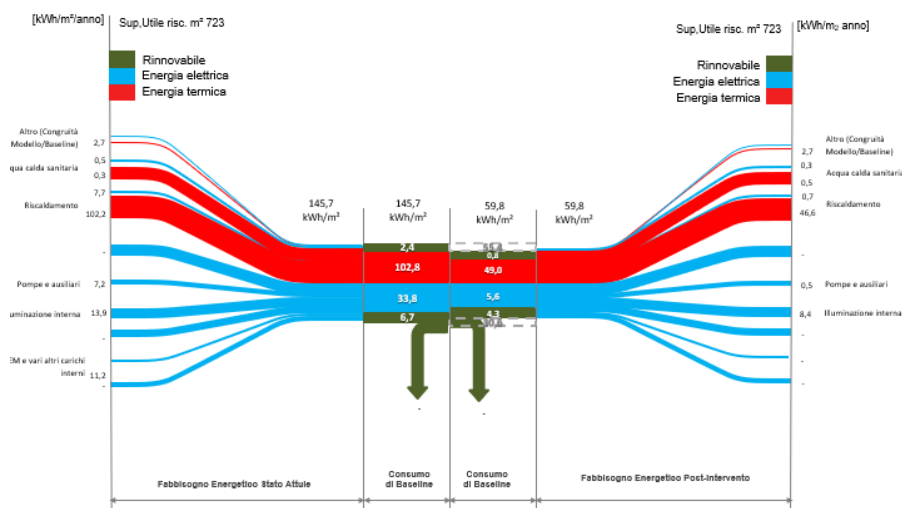
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – 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 aumenta il rendimento di utilizzazione del riscaldamento, riduzione degli apporti interni e aumento del rendimento del generatore di calore.

Figura 9.16 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



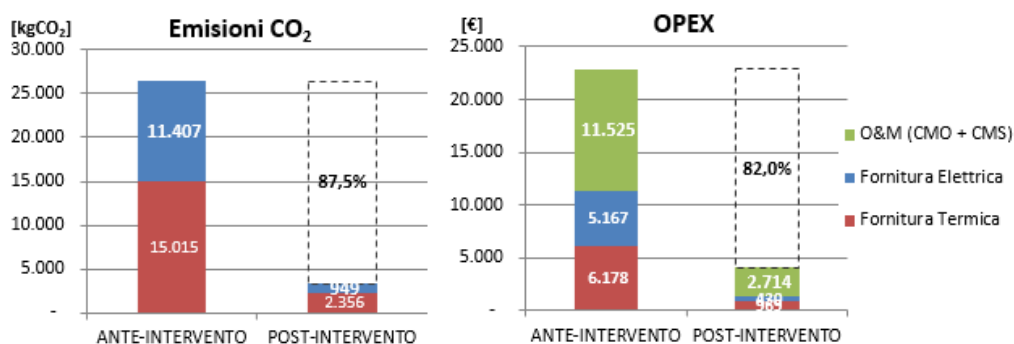
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella Figura 9.23

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN1 – Tale scenario consiste nell’isolamento dell’involucro opaco, isolamento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione generatore di calore, valvole termostatiche e pompe a giri variabili

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| EM1trasmissione | [W/m²K] | 1,2 | 0,3 | 75,0% |
| EM2 trasmissione | [W/m²K] | 1,49 | 0,26 | 82,6% |
| EM4 trasmissione | [W/m²K] | 3,3 | 1,3 | 60,6% |
| EM5 rendimento di generazione | - | 88,3 | 104 | 17,8% |
| EM7 rendimento di regolazione | - | 71,5 | 99,5 | 39,2% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 11.353 | 84,3% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 2.115 | 91,7% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 11.664 | 84,3% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.426 | 2.032 | 91,7% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 2.356 | 84,3% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 949 | 91,7% |
| Emiss. CO2 Totale | [kgCO₂] | 26.422 | 3.305 | 87,5% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 969 | 84,3% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 430 | 91,7% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 1.399 | 87,7% |
| Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO} | [€] | 10.373 | 2.487 | 76,0% |
| Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS} | [€] | 1.153 | 227 | 80,3% |
| Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 2.714 | 76,5% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 4.113 | 82,0% |
| Classe energetica | [-] | G | A1 | +6 classi |

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,211 per vettore elettrico

Figura 9.17 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

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

Tabella 9.4 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Tale scenario consiste nell'isolamento dell'involucro opaco, isolamento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione generatore di calore, valvole termostatiche e pompe a giri variabili

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|--|--|-----------|
| Anni Costruzione | n_i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 14 |
| Anni Concessione | n | 15 |
| Anno inizio Concessione | n_0 | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{CdP} | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$ | $k_{progetto}$ | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 10 |
| Anni Equity | n_E | 14 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_0 | € 173 154 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | $\%Of$ | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 5 195 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € 178 349 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | € 142 679 |
| Equity | I_E | € 35 670 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | € 17 186 |
| Costo finanziamento, (D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € 171 865 |
| Costi per interessi debito, INT _D | INT_D=q_D*n_D-D | € 29 186 |

Tabella 9.5 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|------------------------------|----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{EO} | € 11 555 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{MO} | € 11 525 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | C_{Baseline} | € 23 080 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | %ΔC_E | 78,0% |
| Riduzione% costi O&M | %ΔC_M | 76,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | %C_{Baseline} | 5,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 17 424 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € 1 154 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 56 873 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 21 265 |
| N° di Canoni annuali | anni | 14 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | 71,50% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € 9 108 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € 2 085 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € 5 077 |
| Canone O&M €/anno | C_{nM} | € 2 872 |
| Canone Energia €/anno | C_{nE} | € 2 784 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | C_{nS} | € 5 656 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | C_{nD} | € 16 270 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | C_n | € 21 926 |
| Aliquota IVA % | IVA | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € 31 224 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € 76 041 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | 2022 |

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

| INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | |
|--|----------------------|----------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 6,12 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 6,88 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 88 956 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | 12,96% |
| Indice di Profitto | IP | 51,37% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 2,35 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 2,62 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 64 136 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | 53,67% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 1,460 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 1,736 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | 37,04% |

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

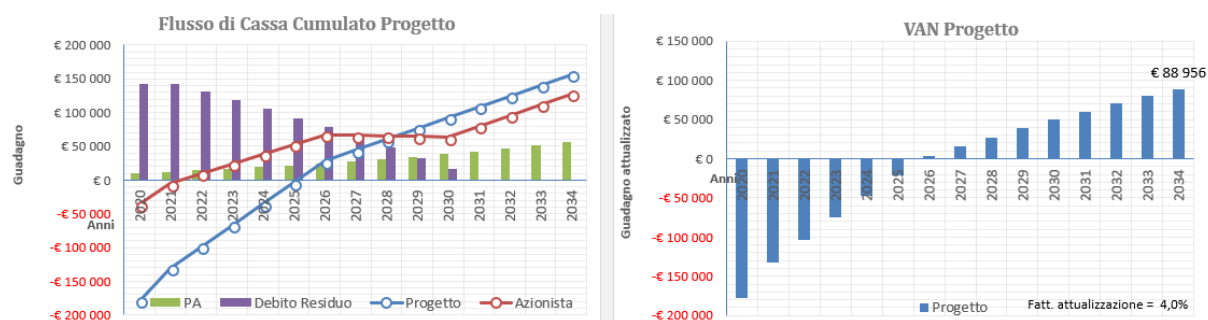
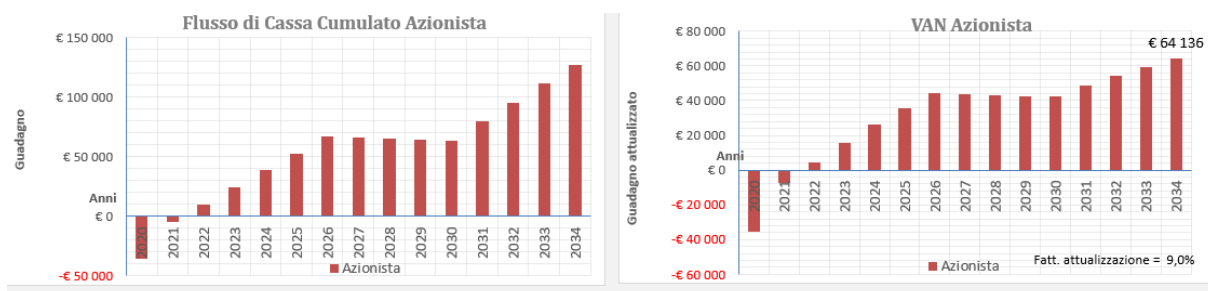


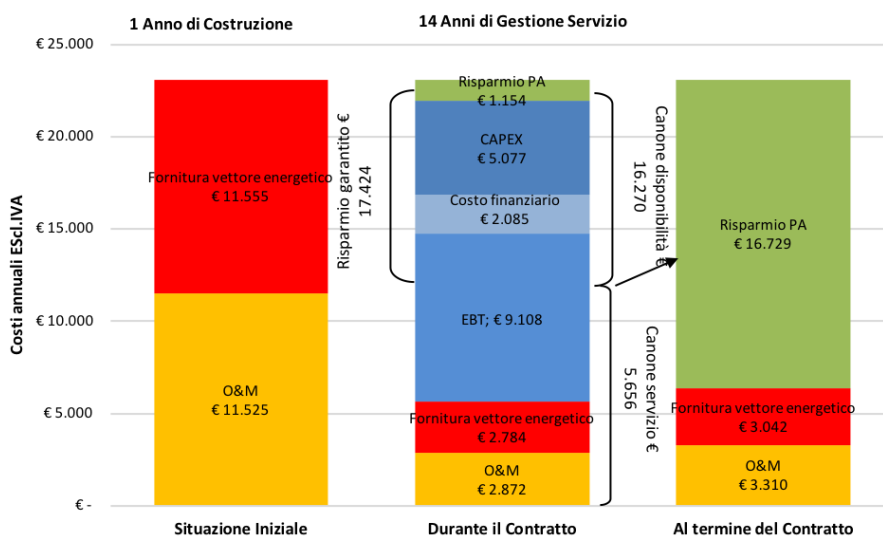
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente con VAN positivo e TRS <15 anni.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20.

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: 25 anni

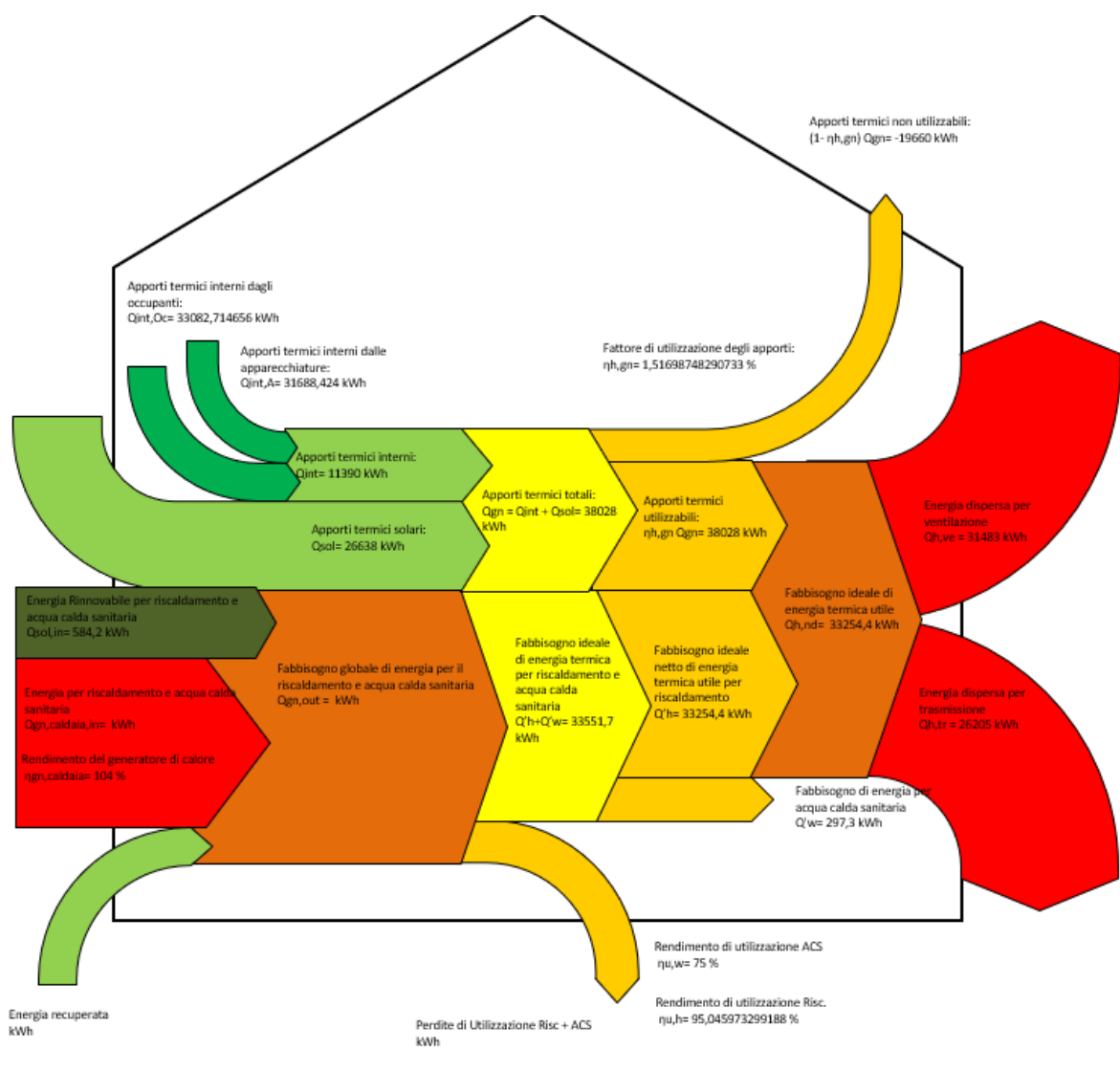
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.22 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA Al 22% [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|-------------------------------|---|---|--|
| EEM1 Fornitura & Posa | 62.028 | 13.646 | 76.675 |
| EEM2 Fornitura & Posa | 17.129 | 3.768 | 20.867 |
| EEM4 Fornitura & Posa | 20.411 | 4.490 | 24.901 |
| EEM5 Fornitura & Posa | 27.830 | 6.123 | 33.953 |
| EEM6 Fornitura & Posa | 9.592 | 2.110 | 11.702 |
| EEM7 Fornitura & Posa | 14.397 | 3.167 | 17.564 |
| Costi per la sicurezza | 4.496 | 989 | 5.486 |
| Costi per la progettazione | 10.492 | 2.308 | 12.801 |
| TOTALE (I₀) | 166.375 | 36.601 | 202.976 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) [€] | C _{MS} (IVA INCLUSA) [€] | C _M (IVA INCLUSA) [€] |
| EEM1 O&M | 2.487 | 224 | 2.711 |
| TOTALE (C_M) | 2.487 | 224 | 2.711 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] | |
| Incentivi | Conto termico | 81.190 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 16.238 | |

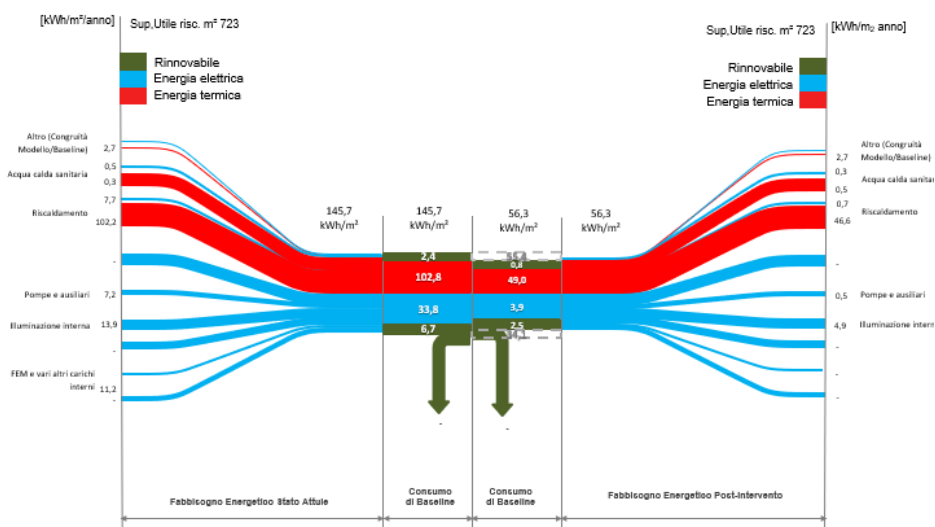
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.21 – 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 aumenta il rendimento di utilizzazione del riscaldamento, riduzione degli apporti interni e aumento del rendimento del generatore di calore.

Figura 9.22 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



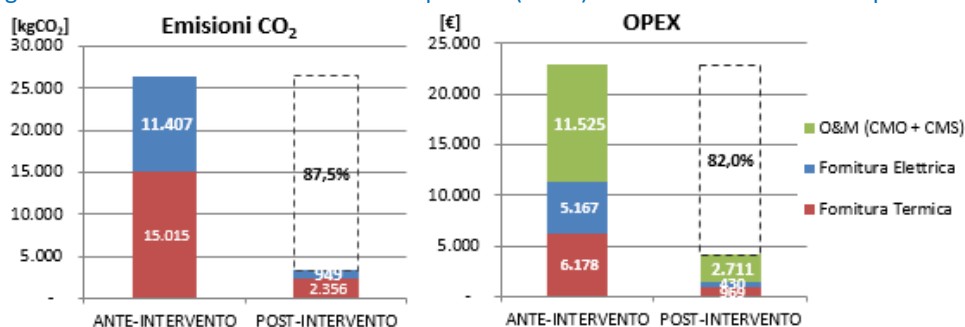
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.23 e nella Figura 9.23

Tabella 9.23– Risultati analisi SCN2 – 25 anni: involucro opaco, isolamento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione generatore di calore, sostituzione lampade, valvole termostatiche e pompe a giri variabili

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| EM1trasmissione | [W/m²K] | 1,2 | 0,3 | 75,0% |
| EM2 trasmissione | [W/m²K] | 1,49 | 0,26 | 82,6% |
| EM4 trasmissione | [W/m²K] | 3,3 | 1,3 | 60,6% |
| EM5 rendimento di generazione | - | 88,3 | 104 | 17,8% |
| EM6 Potenza elettrica | Watt | 3982 | 1926 | 51,6% |
| EM7 rendimento di regolazione | - | 71,5 | 99,5 | 39,2% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 72.354 | 11.353 | 84,3% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.426 | 2.115 | 91,7% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 74.332 | 11.664 | 84,3% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 24.426 | 2.032 | 91,7% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 15.015 | 2.356 | 84,3% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.407 | 949 | 91,7% |
| Emiss. CO2 Totale | [kgCO₂] | 26.422 | 3.305 | 87,5% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 6.178 | 969 | 84,3% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.167 | 430 | 91,7% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 11.345 | 1.399 | 87,7% |
| Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO} | [€] | 10.373 | 2.487 | 76,0% |
| Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS} | [€] | 1.153 | 224 | 80,6% |
| Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 11.525 | 2.711 | 76,5% |
| OPEX | [€] | 22.870 | 4.110 | 82,0% |
| Classe energetica | [-] | G | A1 | + 5 classi |

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0.467 vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0.211 vettore elettrico

Figura 9.23 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.24, 9.25, 9.26 e nelle successive figure.

Tabella 9.24 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– 25 anni: involucro opaco, isolamento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione generatore di calore, sostituzione lampade, valvole termostatiche e pompe a giri variabili

| 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% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$ | $k_{progetto}$ | 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 | 24 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_o | € 210 502 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 6 315 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € 216 817 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | € 173 454 |
| Equity | I_E | € 43 363 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | € 20 893 |
| Costo finanziamento,(D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € 208 935 |
| Costi per interessi debito, INT _D | INT_D=q_D*n_D-D | € 35 481 |

Tabella 9.6 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|------------------------------|-----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{EO} | € 11 555 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{MO} | € 11 525 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | C_{Baseline} | € 23 080 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | %ΔC_E | 78,0% |
| Riduzione% costi O&M | %ΔC_M | 76,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | %C_{Baseline} | 5,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 17 172 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € 1 154 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 122 473 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 23 967 |
| N° di Canoni annuali | anni | 24 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | 115,90% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € 10 470 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € 1 478 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € 4 069 |
| Canone O&M €/anno | C_{nM} | € 2 946 |
| Canone Energia €/anno | C_{nE} | € 2 962 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | C_{nS} | € 5 908 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | C_{nD} | € 16 018 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | C_n | € 21 926 |
| Aliquota IVA % | IVA | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € 37 959 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € 81 190 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | 2022 |

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

| INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | |
|--|-------------------------------|-----------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 6,97 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 9,02 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 134 826 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | 11,62% |
| Indice di Profitto | IP | 64,05% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 2,82 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 3,27 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 72 663 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > k_e | 37,18% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 1,282 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 2,544 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | 34,52% |

E968 – Scuola elementare Vittorio Alfieri

Figura 9.24 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

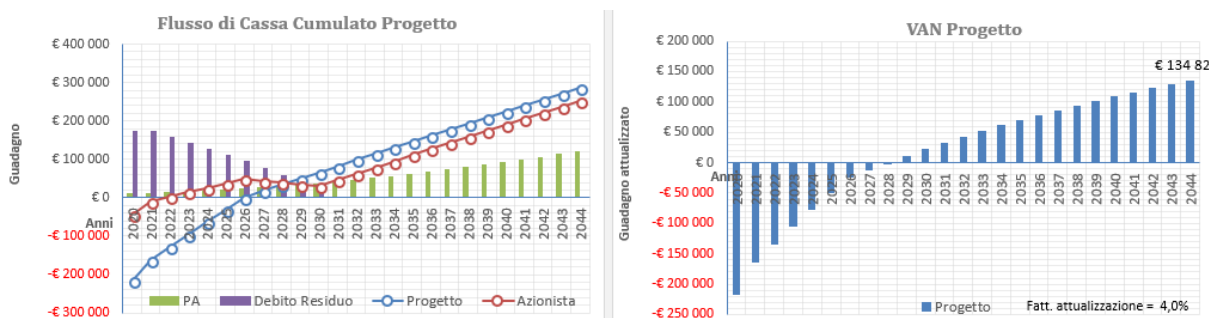
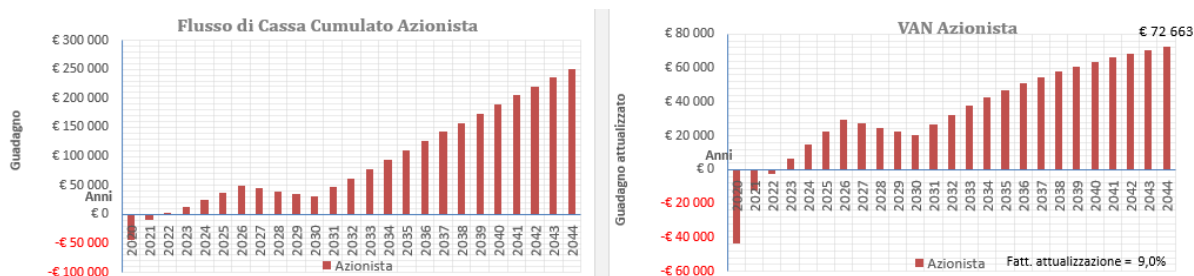


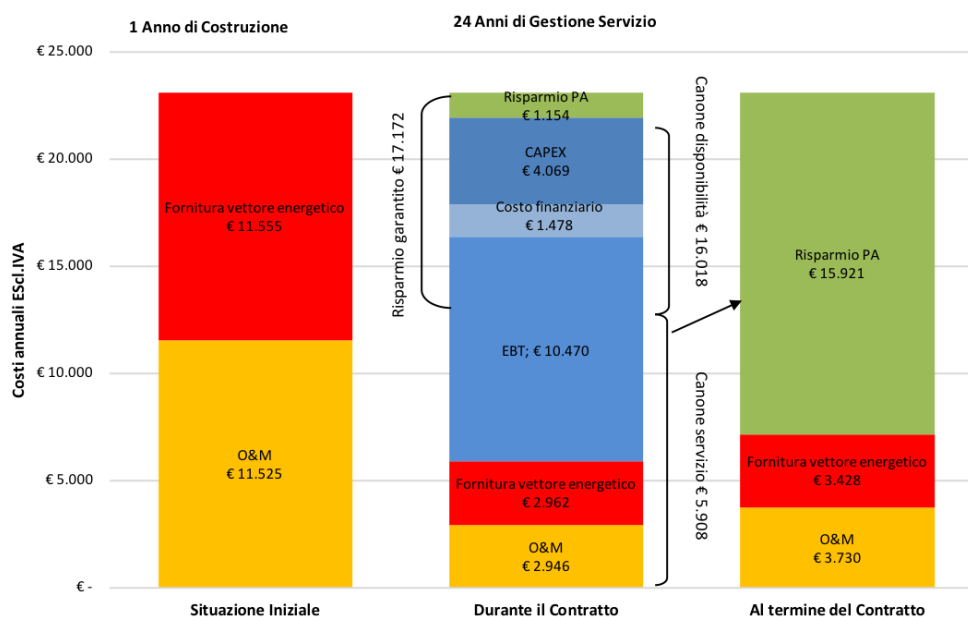
Figura 9.25 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente con TRS < 25 anni e VAN positivo.

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 9.26.

Figura 9.26 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

| FABBISOGNO | Corrispondenza UNI TS 11300 [kWh/el] |
|--|---|
| 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 | $E_{exp, el}$ |

Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Globale non rinnovabile | $EP_{gl, nren}$ | kWh/mq anno | 76,71 | 73,55 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 65 | 64,41 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | 0,4 | 0,33 |
| Ventilazione | EP_v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP_c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP_L | kWh/mq anno | 10,85 | 8,82 |
| Trasporto di persone e cose | EP_T | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO_{2eq} | Kg/mq anno | 16,68 | 15,95 |

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: isolamento PAVIMENTO SU NR
- EEM 4: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 7: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 6: SOSTITUZIONE LAMPADINE
- EEM 4: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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

| SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------|------|-------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM 1 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 83.242 | 18.2 | 35 | 30 | -12.230 | 3.5 | -0.15 |
| EEM 2 | 11.9 | 7.1 | 777 | 1.235 | 0 | 22.805 | 11.5 | 17.9 | 30 | 6.450 | 7.6 | 0.28 |
| EEM 3 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 7.522 | 1.7 | 1.9 | 30 | 53.378 | 53.2 | 7.10 |
| EEM 4 | 41.4 | 21.5 | 2.314 | 1.085 | 0 | 27.391 | 8.2 | 10.9 | 30 | 22.216 | 11.7 | 0.81 |
| EEM 5 | 12.6 | 4.6 | 470 | 1.303 | 0 | 37.348 | 19.8 | 26.3 | 15 | -16.529 | -4.1 | -0.44 |
| EEM 6 | 0.0 | -0.4 | 45 | 72 | 0 | 12.873 | 92.2 | 94.1 | 10 | -11.851 | --- | -0.92 |
| EEM 7 | 24.2 | 16.9 | 1.868 | 2.506 | 0 | 19.321 | 4.6 | 5.5 | 15 | 19.818 | 19.2 | 1.03 |

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 | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| EEM 1 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 83.242 | 9.9 | 16.9 | 30 | 16.601 | 7.5 | 0.20 | n/a | n/a |
| EEM 2 | 11.9 | 7.1 | 777 | 1.235 | 0 | 22.805 | 6.6 | 9.0 | 30 | 14.349 | 12.0 | 0.63 | n/a | n/a |
| EEM 3 | 27.2 | 16.3 | 1.777 | 2.822 | 0 | 7.522 | 1.5 | 1.6 | 30 | 55.982 | 60.3 | 7.44 | n/a | n/a |
| EEM 4 | 41.4 | 21.5 | 2.314 | 1.085 | 0 | 27.391 | 4.7 | 6.0 | 30 | 31.603 | 16.5 | 1.15 | n/a | n/a |
| EEM 5 | 12.6 | 4.6 | 470 | 1.303 | 0 | 37.348 | 10.8 | 16.5 | 15 | -3.593 | 2.8 | -0.10 | n/a | n/a |
| EEM 6 | 0.0 | -0.4 | 45 | 72 | 0 | 12.873 | 20.1 | 22.6 | 10 | -7.392 | -27.6 | -0.57 | n/a | n/a |
| EEM 7 | 24.2 | 16.9 | 1.868 | 2.506 | 0 | 19.321 | 3.3 | 3.7 | 15 | 26.510 | 25.8 | 1.37 | n/a | n/a |
| SCN 1 | 84.3 | 87.5 | 9.945 | 7.885 | 0 | 21.0817 | 2.35 | 2.62 | 30 | 64.136 | 53.7 | 37.1 | 1.46 | 1.736 |
| SCN 2 | 84.3 | 87.5 | 9.945 | 7.885 | 0 | 173.154 | 2.82 | 3.27 | 30 | 72.663 | 37.18 | 34.6 | 1.282 | 2.544 |

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio ove sono ubicate le scuole risale al 1925 e ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche. Le analisi effettuate L'immobile oggetto di analisi si presenta come un edificio in buone condizioni. Gli interventi di efficientamento analizzati, suggeriscono interventi principalmente alla parte termica e in particolar modo termoregolazione, sostituzione caldaia.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|----------------------------------|
| Consumi energia elettrica – fatture 2014 – 2015 - 2016 | 16/11/2017 | 01_EE.pdf |
| Planimetrie Involucro | 16/11/2017 | E00968.dwg |
| Planimetrie Involucro | 16/11/2017 | PIAN1.dwg |
| Planimetrie Involucro | 16/11/2017 | PIAN1SS.dwg |
| Planimetrie Involucro | 16/11/2017 | PIAN2.dwg |
| Planimetrie Involucro | 16/11/2017 | PIANC.dwg |
| Planimetrie Involucro | 16/11/2017 | PIANT.dwg |
| Planimetrie termici - disegni | 16/11/2017 | 080-S01-003-CENTRALE TERMICA.dwg |
| Planimetrie termici - disegni | 16/11/2017 | L1-042-080-P00.dwg |
| Planimetrie termici - disegni | 16/11/2017 | L1-042-080-P01.dwg |
| Planimetrie termici - disegni | 16/11/2017 | L1-042-080-S01.dwg |
| Planimetrie termici - check list | 16/11/2017 | L1-042-080-P00-Checklist |
| Planimetrie termici - check list | 16/11/2017 | L1-042-080-P01-Checklist |
| Planimetrie termici - check list | 16/11/2017 | L1-042-080-S01-Checklist |

ALLEGATO B – ELABORATI

| Titolo | Descrizione | Data | Nome file |
|--|--|------------|--|
| Elaborati fotografici | Report fotografico rilievo | 19/06/2018 | DE_Lotto 7-E968_rev.01 - Allegato B - E 968 FOTO SOPRALLUOGO |
| Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | 16/11/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - L1-042-080-P00.dwg |
| Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | 16/11/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - L1-042-080-P01.dwg |
| Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | 23/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - L1-042-080-S01.dwg |
| Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | 04/08/2018 | DE_Lotto 7-E968_rev.01 - Allegato B - L1-042-080-P00.TAV_A3-PLAN |
| Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | 04/08/2018 | DE_Lotto 7-E968_rev.01 - Allegato B - L1-042-080-P01.TAV_A3-PLAN |
| Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | 04/08/2018 | DE_Lotto 7-E968_rev.01 - Allegato B - L1-042-080-S01.TAV_A3-PLAN |
| Estratto di mappa | Estratto di mappa | 23/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - DOC_1167665234 |
| Visure catastali | Visure catastali | 30/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - DOC_1169223837 |
| Visure catastali | Visure catastali | 30/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - DOC_1169223945 |
| Elaborati fotografici | Report fotografico rilievo | 10/04/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - E 968 FOTO SOPRALLUOGO.pdf |
| Individuazione posizione impianto | Individuazione posizione impianto | 26/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - E968 - POSIZIONE IMPIANTO |
| Schema a blocchi impianto termico | Schema a blocchi impianto termico | 23/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - E968 Schema a blocchi termico |
| Schema a blocchi elettrico | Schema a blocchi elettrico | 26/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato B - EL E968 schema a blocchi elettrico |

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------------------|------------|--|
| Report di indagine termografica | 03/08/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato C - E968 Allegato C – Report di indagine termografica |

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|------------|--|
| Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali | 03/08/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato D - E968 REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE |

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|---|
| Elenco completo radiatori | 19/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Mappatura termosifoni E968 |
| Ponti termici di dettaglio intervento di miglioramento | 15/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E968 riqualif |
| Ponti termici di dettaglio stato di fatto | 12/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E968 |
| Raccolta dati stato rilievo | 15/05/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E968 |
| Schema energetico | 19/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Schema energetico - E968 |
| Serramenti di dettaglio intervento di miglioramento | 13/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Serramenti E968 riqualif |
| Serramenti di dettaglio stato di fatto | 11/05/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Serramenti E968 |
| Stratigrafie di dettaglio intervento di miglioramento | 13/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E968 riqualif |
| Stratigrafie di dettaglio stato di fatto | 11/05/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E968 |

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| Titolo | Data | Nome file |
|--------------------------|------------|---|
| Certificato CTI software | 03/07/2017 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 ALLEGATO F Certificato80-Tepsrl |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|------------|--|
| Attestato di Prestazione Energetica | 19/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 ALLEGATO G - 23150_2018_732 |

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|------------|---|
| Bozza APE scenari sostituzione generatore | 14/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato H - E968_CALDAIA |
| Bozza APE scenari cappotto esterno | 14/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato H - E968_CAPPOTTO_INTERNO |
| Bozza APE scenari copertura | 14/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato H - E968_COPERTURA |
| Bozza APE scenari sostituzione apparecchi illuminanti | 14/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato H - E968_LED |
| Bozza APE scenari cappotto su solaio non riscaldato | 14/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato H - E968_PAVIMENTO NR |
| Bozza APE scenari sostituzione serramenti | 14/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato H - E968_SERRAMENTI |
| Bozza APE scenari valvole e pompe | 14/06/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato H - E968_VALVOLE_POMPE |

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------|------------|---|
| Dati Climatici | 03/08/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato I - GG_Lotto.7-E968.Rev01 |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| Titolo | Data | Nome file |
|-----------------|------------|--|
| Schede di Audit | 03/08/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato J - E968_Scheda Audit_Template_rev.1 |

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| Titolo | Data | Nome file |
|------------|------------|---|
| Schede ORE | 03/08/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 - Allegato K - E968 - Scheda ore |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|------------|--|
| Piano Economico Finanziario Scenari | 04/08/2018 | DE_LOTTO.7-E968_ALLEGATO L - AnalisiPEF_rev06 |

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------|------------|---|
| Report di Benchmark | 25/08/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev02.doc |
| Report di Benchmark | 04/08/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev02.pdf |
| Report di Benchmark | 25/07/2018 | DE_Lotto.7-E968_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev03.xls |

ALLEGATO N – CD-ROM

