

SCUOLA ELEMENTARE "DE SCALZI"

E1615

VIA VINCENZO RICCI 6 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

SCUOLA ELEMENTARE “DE SCALZI”

E1615

VIA VINCENZO RICCI 6 - GENOVA

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

NIER INGEGNERIA S.p.A.
Via Clodoveo Bonazzi 2
40013 – Castel Maggiore – Bologna
051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|-----------|--------------|------------------|-----------------------------------|----------------|--|
| [A] | [10/06/2018] | Ing. S. Nicolini | Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea | Ing. F. Coccia | Prima emissione del documento di diagnosi energetica |
| [B] | [03/08/2018] | Ing. S. Nicolini | Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea | Ing. F. Coccia | Revisione del documento di diagnosi energetica |

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

| | |
|---|-----------|
| REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI | 3 |
| INDICE..... | I |
| PAGINA..... | I |
| EXECUTIVE SUMMARY | I |
| 1 INTRODUZIONE | 1 |
| 1.1 PREMessa | 1 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 1 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO..... | 2 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO..... | 2 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO | 3 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 6 |
| 2 DATI DELL’EDIFICIO..... | 7 |
| 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO | 7 |
| 2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI..... | 8 |
| 2.3 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO..... | 10 |
| 3 DATI CLIMATICI | 12 |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO..... | 12 |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI..... | 13 |
| 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO | 13 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 15 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO..... | 15 |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> | 15 |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> | 18 |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE..... | 21 |
| 4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> | 21 |
| 4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> | 22 |
| 4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> | 23 |
| 4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> | 24 |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 25 |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE | 27 |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE | 27 |
| 5 CONSUMI RILEVATI | 29 |
| 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA..... | 29 |
| 5.1.1 <i>Energia termica</i> | 29 |
| 5.1.2 <i>Energia elettrica</i> | 33 |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI | 37 |
| 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO..... | 41 |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO | 41 |
| 6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> | 42 |
| 6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> | 43 |
| 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI..... | 44 |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI..... | 46 |
| 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO..... | 48 |
| 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI | 48 |
| 7.1.1 <i>Vettore termico</i> | 48 |
| 7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> | 52 |
| 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI..... | 57 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7.3 | COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI..... | 58 |
| 7.4 | BASELINE DEI COSTI..... | 58 |
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA | 60 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI | 60 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio</i> | 60 |
| | EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE INTERNE..... | 60 |
| | EEM2: SOSTITUZIONE INFISSI E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE | 62 |
| 8.1.2 | <i>Impianto riscaldamento</i> | 64 |
| | EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .64 | |
| | EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE..... | 66 |
| 8.1.3 | <i>Impianto di produzione ACS</i> | 67 |
| 8.1.4 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> | 68 |
| | EEM5: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI..... | 68 |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA..... | 70 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 70 |
| | EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE INTERNE..... | 70 |
| | EEM2: SOSTITUZIONE INFISSI E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE | 71 |
| | EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .73 | |
| | EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE..... | 74 |
| | EEM5: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI..... | 77 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 78 |
| | EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE INTERNE..... | 81 |
| | EEM2: SOSTITUZIONE INFISSI E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE | 82 |
| | EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .83 | |
| | EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE..... | 84 |
| | EEM5: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI..... | 85 |
| | SINTESI | 86 |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO | 87 |
| 9.3.1 | <i>Scenario 1: <15 ANNI</i> | 89 |
| 9.3.2 | <i>Scenario 2: <25 ANNI</i> | 95 |
| 10 | CONCLUSIONI | 102 |
| 10.1 | RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA | 102 |
| 10.2 | RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI | 103 |
| 10.3 | RACCOMANDAZIONI | 105 |
| 10.4 | CONCLUSIONI E COMMENTI..... | 107 |
| | ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA..... | A |
| | ALLEGATO B – ELABORATI | A |
| | ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA | 1 |
| | ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI | 1 |
| | ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI | 1 |
| | ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE | 1 |

| | |
|---|----------|
| ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA | 1 |
| ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI..... | 1 |
| ALLEGATO I – DATI CLIMATICI..... | 1 |
| ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT..... | 1 |
| ALLEGATO K – SCHEDE ORE..... | 1 |
| ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI | 1 |
| ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK..... | 1 |
| ALLEGATO N – CD-ROM | 1 |

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|---|---|---------|
| Anno di costruzione edificio | | 1880 |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso principale | E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. | |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 2.767 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 3.976 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 14.928 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,27 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 3.684 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 3.684 |
| Tipologia generatore riscaldamento | Caldaia a basamento di tipo tradizionale | |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 542 |
| Tipo di combustibile | Gas metano | |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | Boiler elettrici Caldaia a metano | |
| Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 52,9 |
| Consumo di riferimento Gas metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 161.715 |
| Spesa annuale Gas metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 12.790 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 43.254 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 8.814 |

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione murature verticali
- EEM 2: Sostituzione infissi ed installazione di valvole termostatiche
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione del generatore di calore
- EEM 5: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM 3 + EEM 4 + EEM 5
- SCN 2: EEM 1 + EEM 2 + EEM 3 + EEM 4 + EEM 5

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 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|----------|--------|-------|-------|-------|
| | % ΔE | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| EEM1 | 30,91% | 32,20% | € 6.677 | € - | € - | € 125.255 | 9,8 | 14,7 | 30 | € 44.699 | 7,94% | 0,36 | N/A | N/A |
| EEM2 | 15,55% | 16,18% | € 3.360 | € - | € - | € 83.217 | 15,0 | 25,6 | 30 | € 5.146 | 4,70% | 0,06 | N/A | N/A |
| EEM3 | 12,10% | 12,57% | € 2.613 | € - | € - | € 11.503 | 3,2 | 3,6 | 15 | € 18.757 | 26,62% | 1,63 | N/A | N/A |
| EEM4 | 15,74% | 16,38% | € 3.401 | € - | € - | € 48.555 | 9,8 | 14,7 | 15 | € 44.699 | 7,94% | 0,36 | N/A | N/A |
| EEM5 | 11,05% | 10,35% | € 2.388 | € - | € - | € 39.320 | 8,8 | 12,6 | 15 | € 2.529 | 5,31% | 0,06 | N/A | N/A |
| SCN1 | 28,50% | 28,56% | € 6.156 | € - | € - | € 87.875 | 2,65 | 3,18 | 15 | -€ 992 | 11,74% | -1,13 | 1,085 | 0,483 |
| SCN2 | 56,48% | 57,69% | € 12.201 | € - | € - | € 285.023 | 2,49 | 2,82 | 25 | € 29.966 | 2,40% | 10,51 | 1,036 | 0,414 |

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

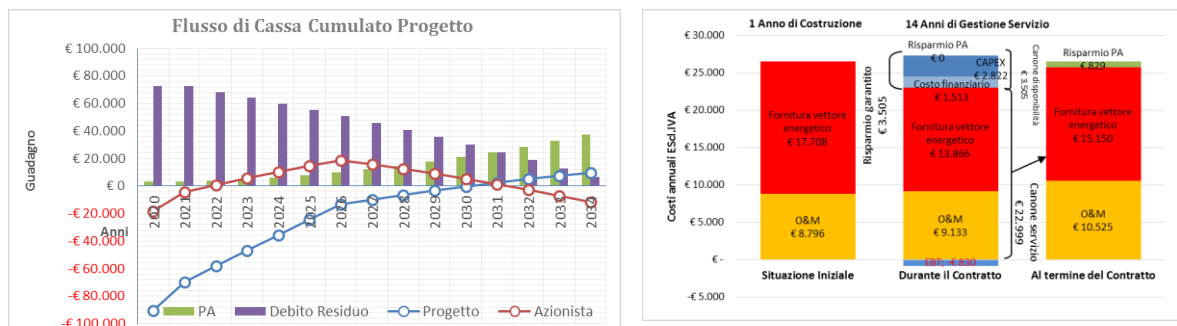
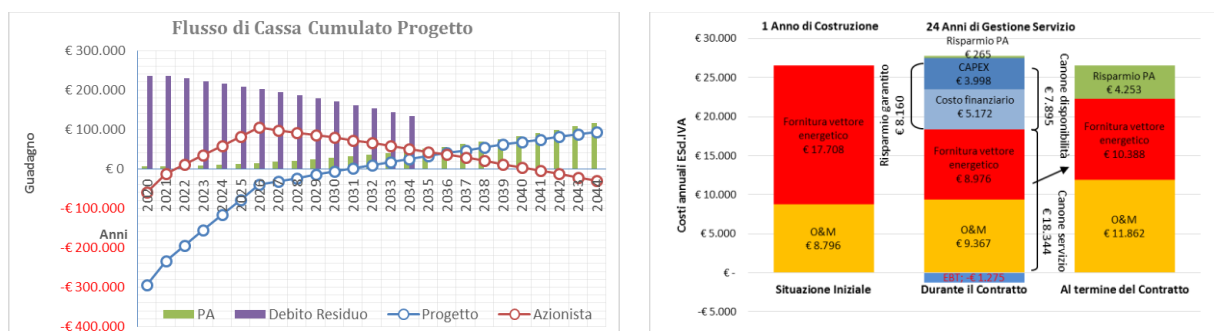


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Nei due scenari la situazione prospettata è molto diversa, e si presenta tutto sommato favorevole in entrambe le soluzioni. Nello SCN2 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica più completa dell'edificio, che porterebbe l'edificio analizzato dalla attuale classe E ad una classe B, mentre nello SCN1 si giungerebbe ad una classe D.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l'amministrazione ha pertanto partecipato al bando ministeriale denominato “Fondo Kyoto Scuole 3” attraverso il quale, con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento

a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l'elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

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.

Figura 1.1 - Vista della facciata su via Vincenzo Ricci



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria S.p.A. il cui responsabile per il processo di audit è l'Ing. Fabio Coccia, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

| NOME E COGNOME | RUOLO | ATTIVITÀ SVOLTA |
|---------------------|------------------------|--|
| Ing. Mara Pignataro | | Sopralluogo in sito |
| Ing. Sarah Nicolini | | Sopralluogo in sito |
| Ing. Sarah Nicolini | | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Ing. Sarah Nicolini | | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Ing. Sarah Nicolini | | Redazione report di diagnosi |
| Ing. Sarah Nicolini | Responsabile involucro | Revisione report di diagnosi energetica |
| Ing. Antonio Aprea | Responsabile impianti | Revisione report di diagnosi energetica |
| Ing. Fabio Coccia | EGE | Approvazione report di diagnosi energetica |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere SAN VINCENZO.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Elementare. Catastralmente l'edificio oggetto di diagnosi è individuata al NCEU Sezione GEA, F. 106, Mapp. 164 sub 1-2-3.

Dalla visura catastale risulta che l'immobile appartiene alla categoria catastale B/5 (Scuole e laboratori scientifici). All'interno dell'edificio di Via Vincenzo Ricci 6-8 è anche presente la residenza del custode a PT che è stata unita alla particella della scuola

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



PRECISAZIONE – Nelle immediate vicinanze della Scuola Elementare “De Scalzi” è presente una palestra, utilizzata dalla scuola fino le ore 18.30 e da società sportive esterne fino le 21.00, alimentata dalla medesima centrale termica, ma con utenze autonome per gas metano per produzione di ACS ed energia elettrica. In sede di sopralluogo è stato rilevato che il circolatore di alimentazione della palestra è in funzione, ma che in sistema di emissione della palestra non viene attivato (aerotermi), tale condizione viene riscontrata anche attraverso i consumi energetici rilevati, pertanto dalla presente diagnosi si è scelto di non considerare questo circuito.

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 | | 1880 |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso principale | E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. | |
| Destinazione d'uso catastale | B/5 – Scuole e laboratori scientifici | |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 2.767 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 3.976 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 14.928 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,27 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 3.684 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 0 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 3.684 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Caldaia a basamento di tipo tradizionale |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 542 |
| Tipo di combustibile | | Gas metano |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Boiler elettrici Caldaia a metano |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽²⁾ | [t/anno] | 52,9 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾ | [kWh _{ti} /anno] | 161.715 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾ | [€/anno] | 12.790 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{ei} /anno] | 43.254 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 8.814 |

Nota (2): Valori di Baseline

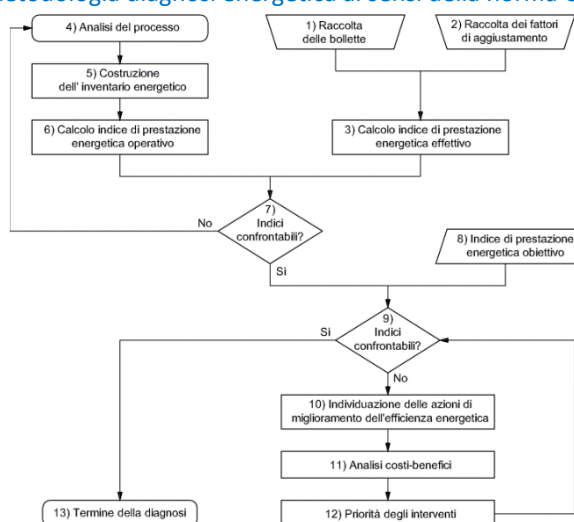
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 06/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 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;

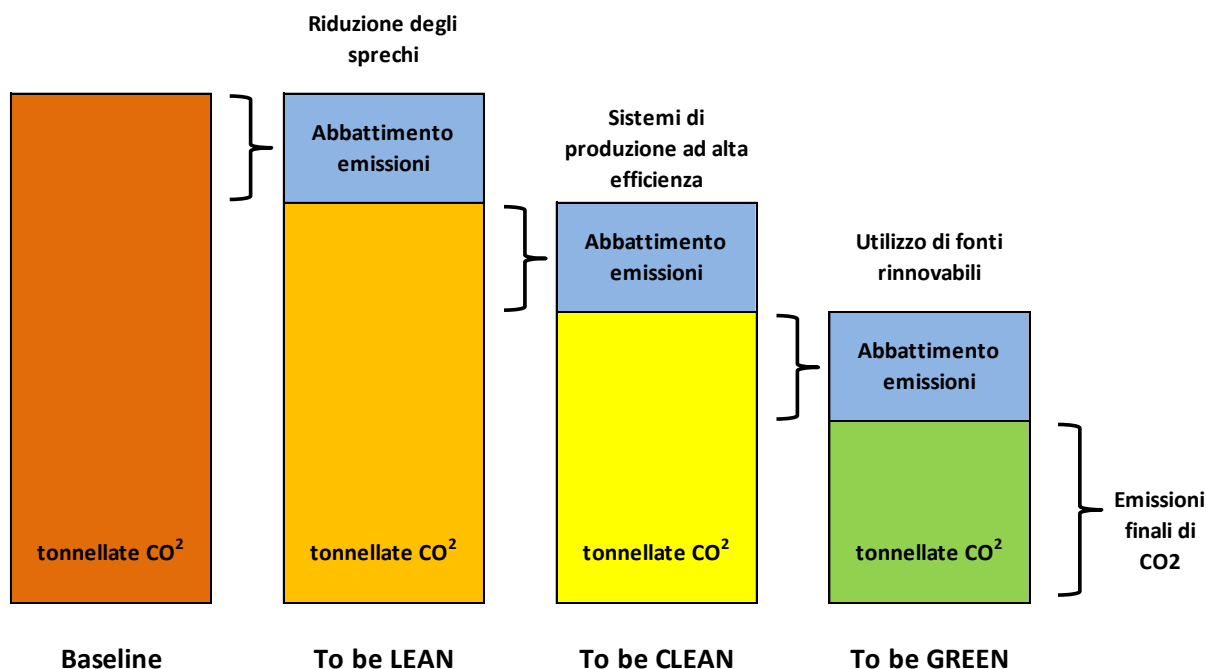
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” 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 energetico primario.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

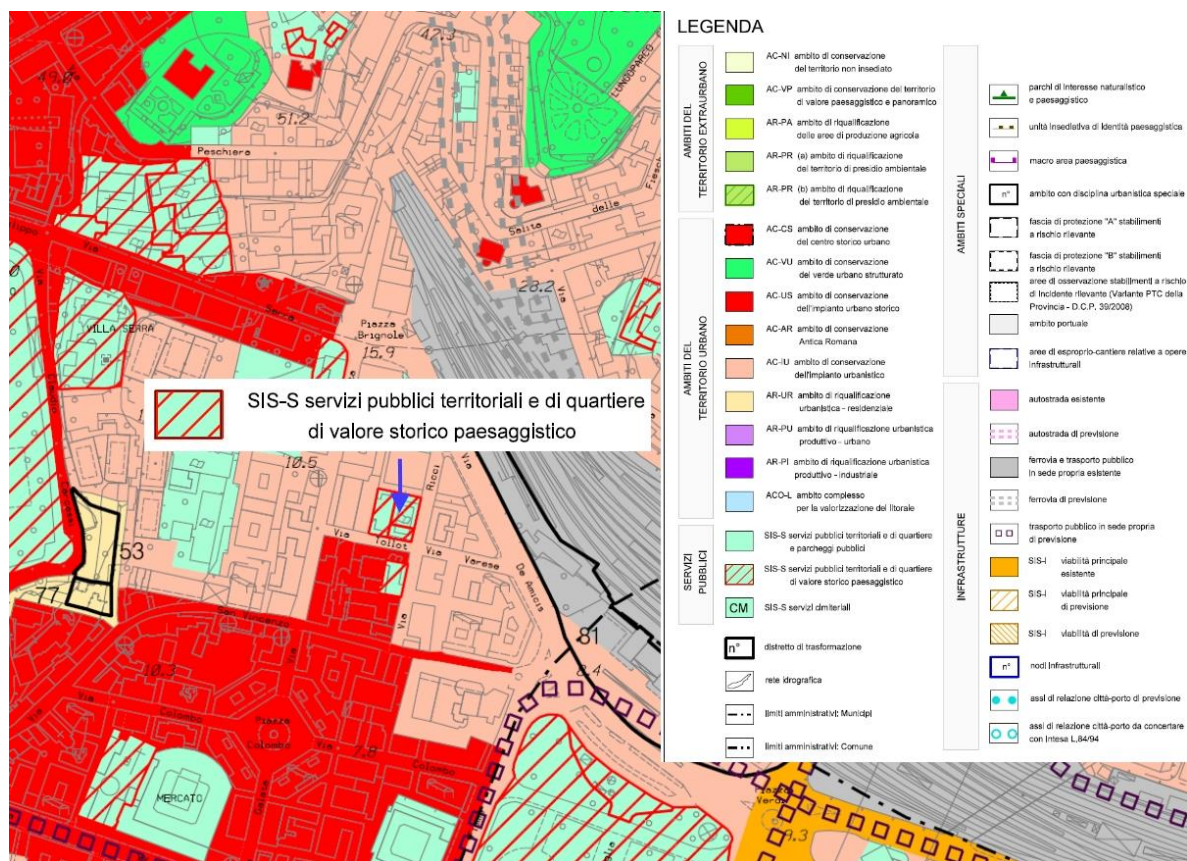
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO

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 ambito SIS-S Servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico.

Al Livello Paesaggistico Puntuale l'edificio è inserito nell'area SUQ – Struttura Urbana Qualificata, che si riferisce ad aree territoriali estese e che comprendono siti di particolare pregio quali gli ambiti del paesaggio urbano strutturato, a partire dal centro fino alle propaggini a levante e a ponente, laddove i rapporti tra assetto insediativo, edificato storico e spazi verdi costituiscono un'immagine consolidata da preservare.

Gli interventi consentiti per questa categoria di edificio sono contenuti nella relativa scheda d'ambito riportata all'interno delle Norme di Conformità del PUC.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto

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

della DE è costituito complessivamente da sette piani fuori terra, in cui gli spazi sono tutti occupati dalla Scuola Elementare “De Scalzi”.

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

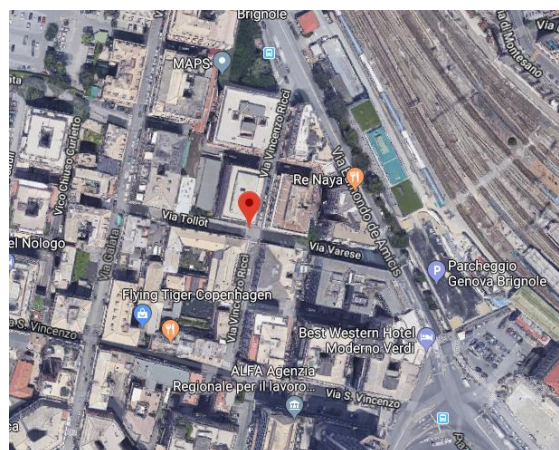


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

| PIANO | UTILIZZO | U.M. | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽³⁾ | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾ | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽⁴⁾ |
|---------------|--------------------------------|-------------------|---|--|---|
| 0 | Aule piano terra – pre- scuola | [m ²] | 600 | 262 | 0 |
| 1 | Aule piano primo | [m ²] | 567 | 426 | 0 |
| 2 | Aule piano secondo | [m ²] | 567 | 458 | 0 |
| 3 | Aule terzo piano | [m ²] | 567 | 471 | 0 |
| 4 | Aule quarto piano | [m ²] | 567 | 472 | 0 |
| 5 | Aule quinto piano | [m ²] | 567 | 447 | 0 |
| 6 | Aule sesto piano | [m ²] | 249 | 231 | 0 |
| TOTALE | | [m ²] | 3.684 | 2.767 | 0 |

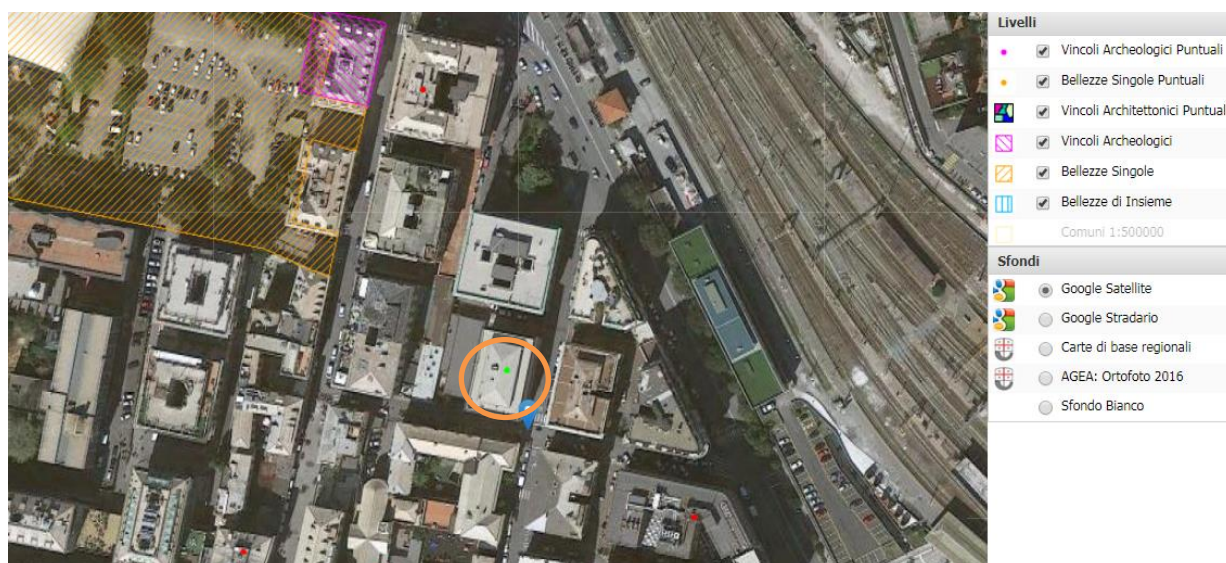
Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (4): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L’edificio si trova nell’ex circoscrizione di San Vincenzo, un quartiere centrale di Genova, amministrativamente compreso nel Municipio I Centro Est. Situato a poca distanza dalla stazione ferroviaria di Brignole, comprende parte della centralissima via XX Settembre, la principale arteria della zona commerciale di Genova.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sul portale dei Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l’edificio, denominato “Scuola De Scalzi” presenta un Vincolo Architettonico ai sensi dell’art. 12 del D.Lgs. 42/2004.

L’immobile non ricade invece in zona soggetta a vincolo paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004.

L’edificio inoltre non è soggetto a vincoli geomorfologici e idraulici.

L’immobile rimane pertanto sottoposto a tutte le disposizioni di tutela contenute nel Codice dei Beni Culturali e gli interventi edilizi sono ammissibili previa autorizzazione della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con le prescrizioni sugli interventi edilizi derivanti dal vincolo.

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 interno pareti perimetrali | Art. 10 D.Lgs. 42/04 | | Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l’esistente; intonaci a base di calce o da concordare con la Soprintendenza |
| EEM 2: Sostituzione infissi | Art. 10 D.Lgs. 42/04 | | Rispettare o ripristinare il legno come materiale del telaio degli infissi |
| EEM 3: Installazione valvole termostatiche e pompa di circolazione a giri variabili | Art. 10 D.Lgs. 42/04 | | - |
| EEM4 : Sostituzione del generatore di calore | Art. 10 D.Lgs. 42/04 | | - |
| EEM 5: Sostituzione corpi illuminanti | Art. 10 D.Lgs. 42/04 | | - |

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

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

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

2.3 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, sia della Scuola Elementare che della palestra.

Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola e della adiacente palestra non oggetto di diagnosi energetica.

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

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

| PERIODO | GIORNI SETTIMENALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|-----------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| Settembre - Ottobre | dal lunedì al venerdì | 8.20-16.20 (massimo) Palestra fino le 21.00 | Spento |
| | sabato e domenica | Chiuso Palestra aperta la mattina | Spento |
| Dal 1 Novembre al 15 Aprile | dal lunedì al venerdì | 8.20-16.20 (massimo) Palestra fino le 21.00 | 07.00-18.00 |
| | sabato e domenica | Chiuso Palestra aperta la mattina | Spento |
| Dal 16 Aprile a Giugno | dal lunedì al venerdì | 8.20-16.20 (massimo) Palestra fino le 21.00 | Spento |
| | sabato e domenica | Chiuso Palestra aperta la mattina | Spento |
| Luglio – Agosto | tutti i giorni | Chiuso | Spento |

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’impianto termico della zona termica della Scuola Elementare

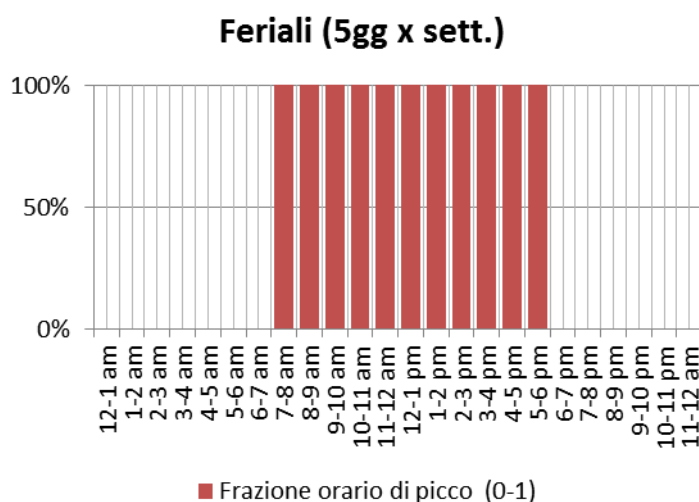
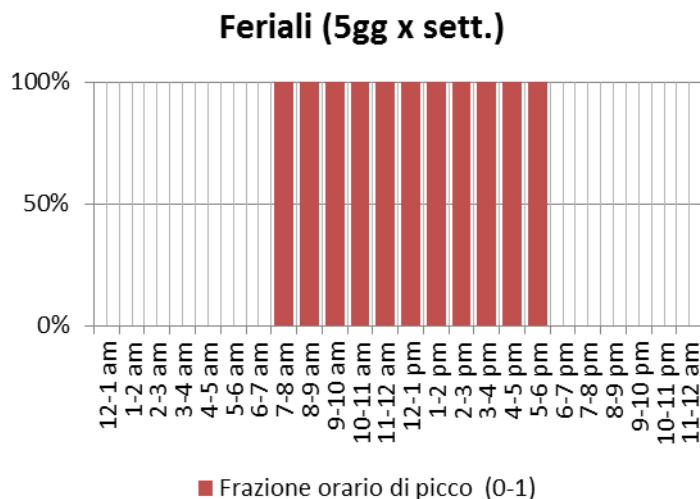


Figura 2.5 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’impianto termico della zona termica della Palestra



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di apertura della scuola (mediamente aperta dalle 8 alle 16.20 al massimo in alcuni giorni della settimana). Gli orari di accensione dell’impianto termico sono inferiori alle 12 ore giornaliere, come prescritto dalla norma.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 834 GG calcolati su 107 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 | 21% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 15 | 71 | 20 | 11 | 56 | 6% |
| Maggio | 31 | 18,7 | - | - | 21 | - | - | 0% |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 20 | - | - | 0% |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | 20 | - | - | 0% |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | - | - | - | 0% |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 20 | - | - | 0% |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 21 | - | - | 0% |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 20 | 20 | 134 | 15% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 15 | 15 | 150 | 17% |
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 218 | 107 | 909 | 100% |

3.2 DATI CLIMATICI REALI

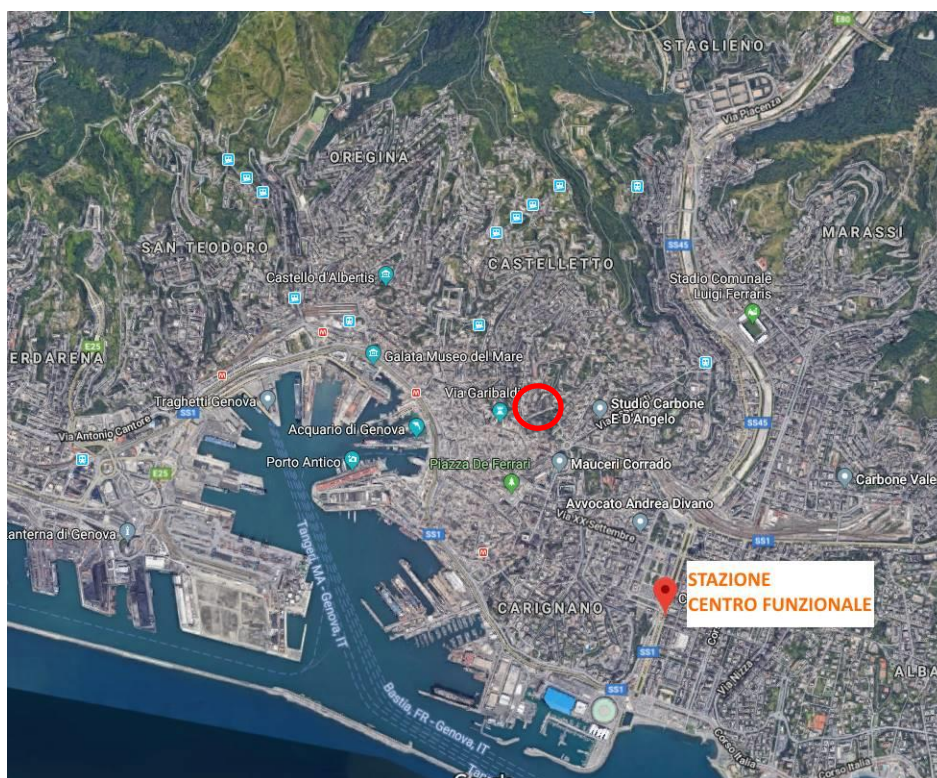
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

Da una ricerca sulle stazioni meteo presenti sul territorio comunale, reperite sul sito Ambiente della Regione Liguria, è risultato che le stazioni che riportano con maggiore completezza i dati medi di temperatura sono:

- *Castellaccio*, posta ad un'altitudine di 360 m s.l.m.
- *Centro Funzionale*, posta a 30 m slm.

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di 13 m slm, sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

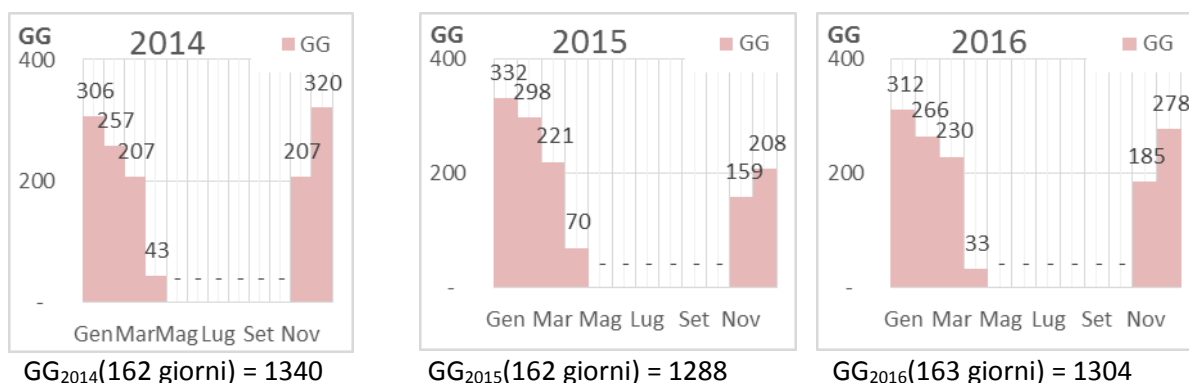
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

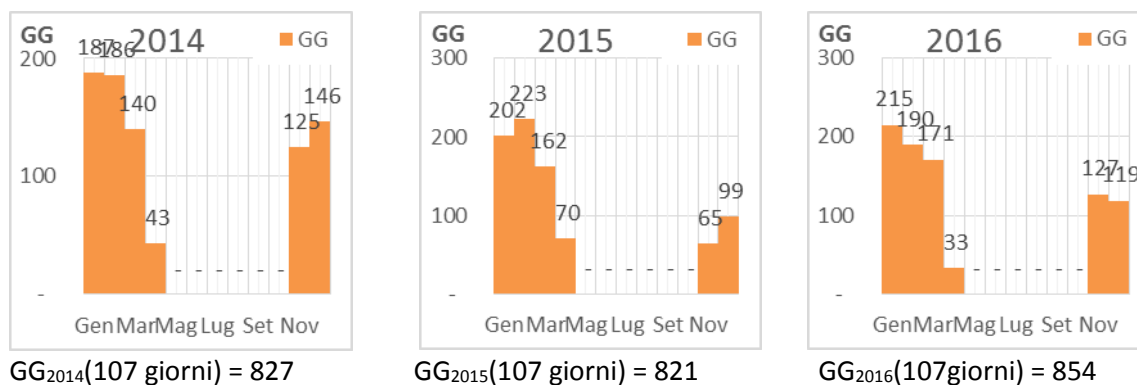


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 834 GG calcolati su 107 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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma e che del funzionamento a 162/166 giorni.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risalente al 1880 ed è realizzato in materiale misto pietra-laterizio pieno.

La finitura della pareti è ad intonaco.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale.

La struttura geometrica interna risulta molto omogenea, come anche dal punto di vista strutturale, la principale diversificazione interna consiste in diverse altezze dei locali, misurate in sede di sopralluogo con la apposita strumentazione ed applicate nella realizzazione del modello energetico.

Il sesto piano ha una superficie inferiore e presenta tutto attorno un terrazzo calpestabile. La copertura terrazzata è verso esterno, ed è realizzata in calcestruzzo armato portante, non coibentata.

Figura 4.1 – Facciata esterna – Via Vincenzo Ricci 6



Figura 4.2 – Interno Refettorio – Piano Terra



Figura 4.4 – Interno

Figura 4.3 – Solaio interno – Piano Terzo



Figura 4.5 – Esterno - Copertura



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Come già anticipato non sono state rilevate particolari discontinuità nella struttura edilizia, con presenza di significativi ponti termici
- Sono state individuate delle differenze di temperatura in corrispondenza delle struttura marcapiano.

Figura 4.6 – Rilievo termografico dell'esterno - prospetto Via Vincenzo Ricci

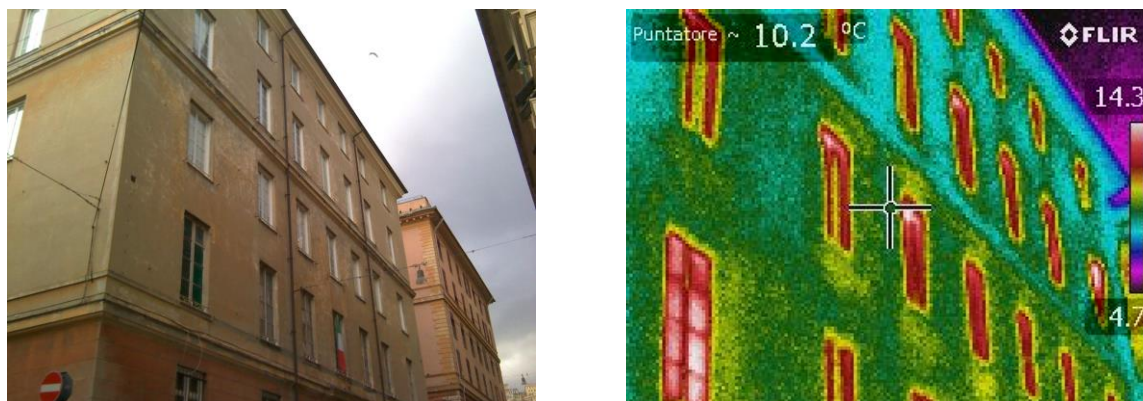
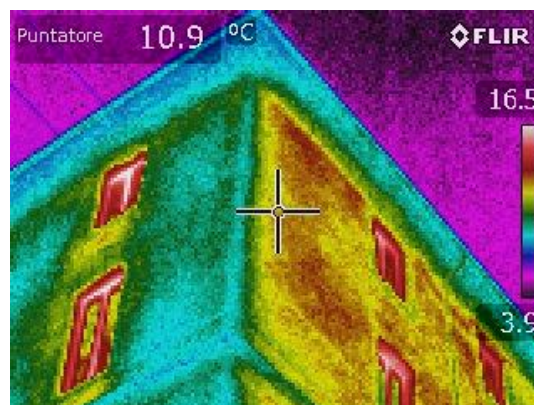


Figura 4.7 – Rilievo termografico dell'esterno - prospetto Via Tollot



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali. Tutte le prove diagnostiche proposte in sede di gara relative all'involucro opaco sono state correttamente svolte. Non è stato redatto l'apposito report in quanto le risultanze del rilievo strumentale sono tutte state utilizzate per la definizione dei pacchetti murari, la verifica delle planimetrie e la valutazione dello spessore dei componenti vetrati descritti di seguito.

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 | SPESORE [mm] | ISOLAMENTO | TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|-------------------------|--------|-----------------|------------|---|---------------------------|
| Muro esterno 100 cm | M1 | 1000,0 | Assente | 1,255 | Sufficiente |
| Muro esterno 120 cm | M2 | 1200,0 | Assente | 1,101 | Sufficiente |
| Muro controterra 120 cm | M3 | 1200,0 | Assente | 0,000 | Sufficiente |
| Muro controterra 110 cm | M4 | 1100,0 | Assente | 0,000 | Sufficiente |
| Muro NR 100 cm | M5 | 1000,0 | Assente | 1,186 | Sufficiente |
| Muro NR 80 cm | M6 | 800,0 | Assente | 1,366 | Sufficiente |
| Muro esterno 60 cm | M7 | 580,0 | Assente | 1,774 | Sufficiente |
| Porta in metallo | M8 | 32,0 | Assente | 2,540 | Sufficiente |
| Muro esterno 94 cm | M9 | 940,0 | Assente | 1,310 | Sufficiente |
| Porta in legno | M10 | 50,0 | Assente | 2,035 | Sufficiente |
| Muro esterno 82 cm | M11 | 820,0 | Assente | 1,435 | Sufficiente |
| Muro esterno 88 cm | M12 | 880,0 | Assente | 1,369 | Sufficiente |
| Muro esterno 76 cm | M13 | 760,0 | Assente | 1,507 | Sufficiente |
| Muro esterno 84 cm | M14 | 840,0 | Assente | 1,412 | Sufficiente |
| Muro esterno 66 cm | M15 | 660,0 | Assente | 1,645 | Sufficiente |
| Muro esterno 78 cm | M16 | 780,0 | Assente | 1,482 | Sufficiente |
| Muro esterno 28 cm | M17 | 280,0 | Assente | 1,787 | Sufficiente |
| Pavimento su terreno | P1 | 530,0 | Assente | 0,291 | Sufficiente |
| Pavimento verso NR | P2 | 310,0 | Assente | 1,540 | Sufficiente |
| Solaio verso esterno | S1 | 300,0 | Assente | 1,513 | Sufficiente |

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da due diverse tipologie di serramenti, al piano terra, primo, terzo, quarto, quinto sesto sono presenti infissi con telaio in alluminio e vetrocamera 4/11/4 installati nel 2001, alcuni infissi al piano terra, primo e tutti quelli del piano secondo sono con telaio in legno e vetro singolo in condizioni critiche.

Figura 4.8 – Serramenti in alluminio e vetrocamera – Cucina – Piano terra



Figura 4.10 – Serramenti in legno e vetro singolo

Figura 4.9 - Serramenti in legno e vetro singolo – Piano Terra



Figura 4.11 – Particolare – Serramenti in legno e vetro singolo



Figura 4.12 – Serramenti in alluminio e vetrocamera



Figura 4.13 – Particolare – Serramenti in alluminio e vetrocamera



Figura 4.14 – Serramenti esterni – Lato nord

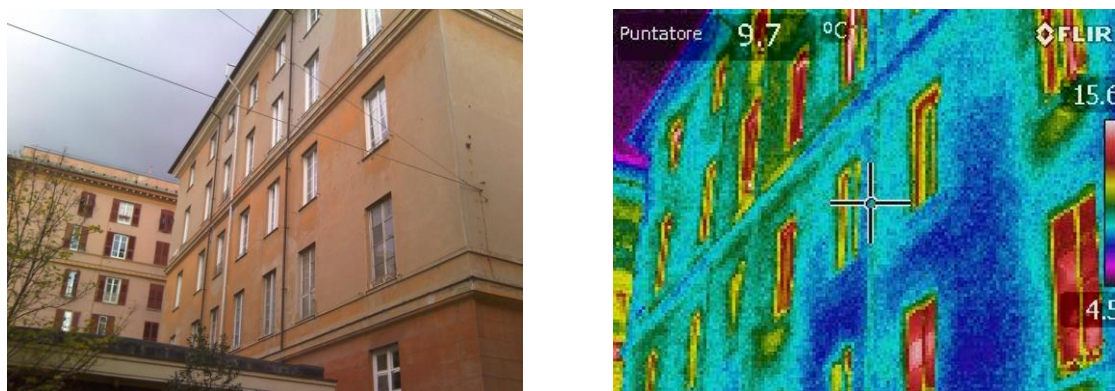


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico e del rilievo mediante spessivetro e misuratore laser.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ampio ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi dotati di vetro singolo è insufficiente, è discreto invece il livello di isolamento offerto dagli infissi con telaio in alluminio e vetrocamera.

Figura 4.15 – Rilievo termografico dei serramenti esterni – Facciata posteriore – Via Tollot



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 | ALTEZZA [mm] | LARGHEZZA [mm] | TIPO TELAIO | TIPO VETRO | TRASMITTANZA TERMICA - Uw [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--|--------|-----------------|-------------------|-------------|------------|--------------------------------------|------------------------|
| P0 - F1 - 125X150 alluminio vetrocamera | W1 | 150,0 | 125,0 | Alluminio | Doppio | 2,923 | Buono |
| P0 - F2 - 140x80 legno vetro singolo | W2 | 80,0 | 140,0 | legno | Singolo | 3,854 | Insufficiente |
| P0 - F3 - 100x80 alluminio vetrocamera | W3 | 80,0 | 100,0 | Alluminio | Doppio | 3,046 | Buono |
| P0 - F4 - 110x140 alluminio vetrocamera | W4 | 140,0 | 110,0 | Alluminio | Doppio | 2,963 | Buono |
| P0 - F5 - 115x150 alluminio vetrocamera | W5 | 150,0 | 115,0 | Alluminio | Doppio | 2,945 | Buono |
| P0 - PF1 - 150x290 alluminio vetrocamera | W6 | 290,0 | 150,0 | Alluminio | Doppio | 2,884 | Buono |
| P1 - PF1 - 160x280 alluminio vetro singolo | W7 | 280,0 | 160,0 | Alluminio | Singolo | 4,131 | Buono |
| P1 - F1 - 140x250 alluminio vetrocamera | W8 | 250,0 | 140,0 | Alluminio | Doppio | 3,019 | Buono |
| P1 - F2 - 140x250 legno vetro singolo | W9 | 250,0 | 140,0 | legno | Singolo | 3,978 | Insufficiente |
| P2 - F1 - 140X290 legno vetro singolo | W10 | 290,0 | 140,0 | legno | Singolo | 4,009 | Insufficiente |
| P3 - F1 - 140x290 alluminio vetrocamera | W11 | 290,0 | 140,0 | Alluminio | Doppio | 2,990 | Buono |
| P3 - F2 - 65x290 alluminio vetrocamera | W12 | 290,0 | 65,0 | Alluminio | Doppio | 3,008 | Buono |
| P4 - F1 - 140x290 alluminio vetrocamera | W13 | 290,0 | 140,0 | Alluminio | Doppio | 2,990 | Buono |
| P4 - F2 - 65x290 alluminio vetrocamera | W14 | 290,0 | 65,0 | Alluminio | Doppio | 3,008 | Buono |
| P5 - F1 - 140x210 alluminio vetrocamera | W15 | 210,0 | 140,0 | Alluminio | Doppio | 2,997 | Buono |
| P6 - F1 - 120x170 alluminio vetrocamera | W16 | 170,0 | 120,0 | Alluminio | Doppio | 3,072 | Buono |
| P6 - F2 - 50x170 alluminio vetrocamera | W17 | 170,0 | 50,0 | Alluminio | Doppio | 3,112 | Buono |
| P6 - PF1 - 130X260 alluminio vetrocamera | W18 | 260,0 | 130,0 | Alluminio | Doppio | 2,927 | 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 e più nel dettaglio nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli. Non è stato redatto l'apposito documento Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali in quanto le risultanze del rilievo strumentale sono tutte state utilizzate per la definizione e la valutazione dello spessore dei componenti vetrati descritti precedentemente.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica unica costituita da una caldaia a basamento di tipo tradizionale, alimentata a gas metano, collegata a cinque circuiti di distribuzione che servono l'intero complesso edilizio e ad un ulteriore circuito dedicato alla palestra adiacente, non oggetto della presente diagnosi, con utenze autonome sia relativamente alla produzione di ACS che in termini di consumi elettrici.

In sede di sopralluogo è stato rilevato che il circolatore di alimentazione della palestra è in funzione, ma che in sistema di emissione della palestra non viene attivato (aerotermi), tale condizione di utilizzo dell'impianto termico è riscontrata con i consumi energetici rilevati, pertanto si è scelto di non considerare questo circuito nella presente diagnosi.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa/a piastra nella scuola elementare
- Aerotermi in palestra

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

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

| ZONA TERMICA | TIPOLOGIA DI TERMINALE | RENDIMENTO |
|-------------------|--|------------|
| Scuola elementare | Radiatori in ghisa e radiatori a piastra | 92,3% |
| Palestra | Aerotermi | 96,0% |

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella seguente tabella.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche tecniche dei terminali di emissione rilevati nella scuola

| ZONA TERMICA | NUMERO | TIPO DI INSTALLAZIONE | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW] | POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW] |
|-------------------------------|--|---|-------------------------------------|---|
| Scuola Elementare "De Scalzi" | P0 – 7 P1 – 18 P2 – 15 P3 – 16 P4 – 15 P5 – 15 P6 – 12 | Radiatori su parete esterna non isolata | 163 | 0 |

In fase di sopralluogo non è stato possibile desumere la potenza di ciascun radiatore non conoscendo le loro specifiche tecniche. Pertanto tale dato è stato ricostruito via software, ritendendo che quanto installato corrisponda all'effettivo fabbisogno. La valutazione è stata fatta considerando un Δt lato acqua di 10°C e Δt lato aria 50°C.

Non è presente un impianto di climatizzazione estiva nell'edificio scolastico analizzato.

Figura 4.16 – Radiatori in ghisa – scuola elementare



Figura 4.17 – Radiatori a piastra – scuola elementare



Sono presenti anche canali d'aria al piano terra, ma al momento del sopralluogo risulta fuori servizio l'impianto che li alimenta, pertanto ai fini del presente documento non viene preso in considerazione l'impianto di ventilazione meccanica.

I valori di potenza termica e frigorifera sopra riportati sono stati ricavati dal modello di simulazione eseguito con il software certificato Ediclimate EC700.

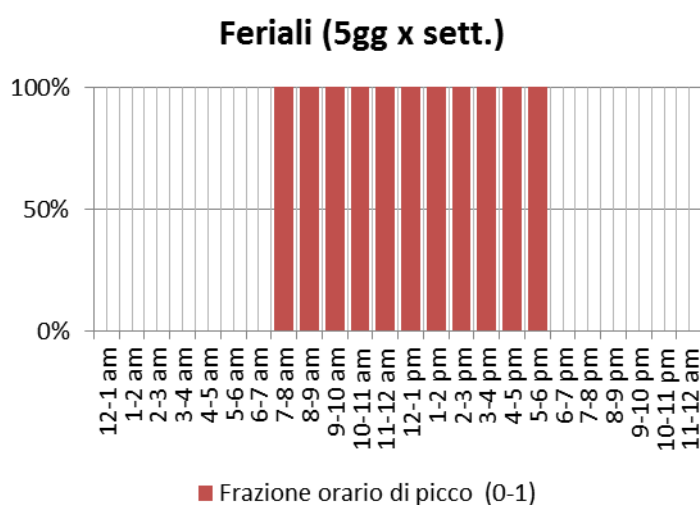
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso cronotermostato con orari pre-impostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione e telecontrollo dotato anche di una centralina climatica con sonda esterna. Tutti i radiatori della scuola sono sprovvisti di valvole termostatiche per la regolazione locale della temperatura.

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

Figura 4.18 - Profilo di funzionamento invernale feriali dell'impianto – zona termica scuola elementare e palestra adiacente.



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 |
|--|--|------------|
| Scuola Elementare De Scalzi e Palestra | Solo Climatica con compensazione sonda esterna | 78,7% |

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 dedicato all'impianti di riscaldamento invernale è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore ed il collettore principale della zona termica della scuola elementare da cui partono i 5 circuiti.
- 2) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore ed il collettore di mandata alla zona termica palestra

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6, con i dati tecnici ricavati dalle schede tecniche delle pompe stesse, marca LOWARA modello FCG 80-7T per il circuito della scuola (EG01) e marca D.A.B. modello DM30340-65T (EG02). Entrambi i gruppi di pompaggio gemellare giri fissi e presentano un funzionamento alternato.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

| NOME | | SERVIZIO | PORTATA MASSIMA [m ³ /h] | PREVALENZA MASSIMA [m] | POTENZA MASSIMA ASSORBITA [kW] |
|----------------------|------|---|--|---------------------------|-----------------------------------|
| Generatore di calore | EG01 | Pompa gemellare di mandata acqua calda da generatore di calore al collettore principale circuito scuola | 48 | 7,2 | 2x1,050 |
| Generatore di calore | EG02 | Pompa gemellare di mandata acqua calda da generatore di calore al collettore principale circuito palestra | 21 | 3,2 | 2x0,340 |
| TOTALE | | | - | - | 1,390 |

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario della scuola elementare

| CIRCUITO | | | TEMPERATURA RILEVATA °C | TEMPERATURA CALCOLO °C |
|----------------------|---------|-------|----------------------------|---------------------------|
| Generatore di calore | Mandata | Caldo | 40 | 80 |
| | Ritorno | Caldo | 35 | 60 |

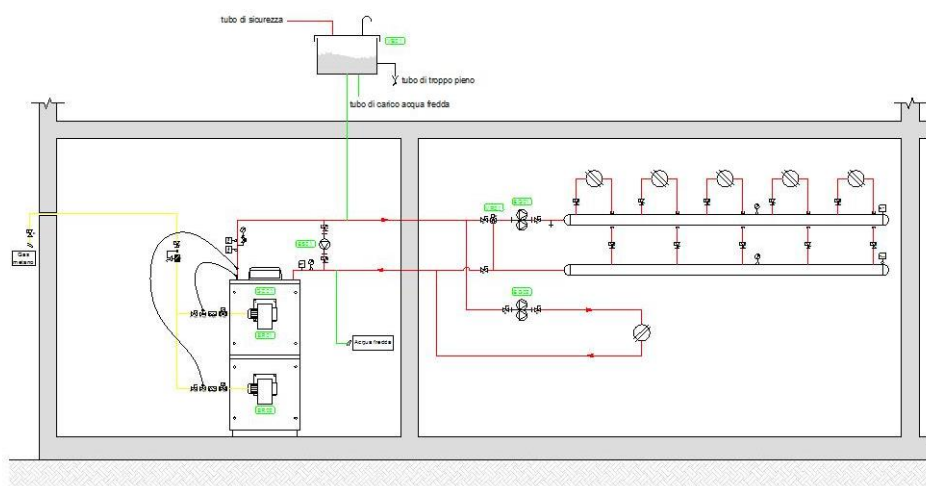
Come si evince dalla tabella soprastante la differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo (fanno riferimento alle condizioni convenzionali di progetto), dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le condizioni di progetto sono riferite ad una temperatura esterna di 0°C.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione dell'impianto di riscaldamento invernale è stato assunto nella DE pari al 94,2%, come calcolato con software certificato Edilclima EC700 che implementa le norme UNI TS 11300.

Figura 4.19 – Gruppi di pompaggio EG01-EG02



Figura 4.20 – Particolare dello schema di impianto



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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento di tipo tradizionale alimentata a gas metano che produce acqua calda dedicata al servizio di riscaldamento invernale dell'edificio analizzato. Il generatore di calore è stato installato nel 1997 ed è rimasto collegato al precedente sistema di distribuzione collocato nella sottostazione, ovvero in un locale adiacente alla attuale centrale termica.

Figura 4.21 – Posizionamento generatore di calore Figura 4.22 - Centralina climatica con cronotermostato.



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore di calore

| Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE [kW] | POTENZA TERMICA UTILE [kW] | RENDIMENTO | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW] |
|--------------------|-------|--------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|------------|------------------------------------|
| GC01 Riscaldamento | ICI | REX-DUAL 50F | 1997 | 542 | 500 | 92,3% | 0,6X2 |

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 88,5%, calcolato con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300. Il rendimento risultato dall’ultima prova fumi resa disponibile, risalente al gennaio 2017, è pari al 95,1%, valore superiore al dato di targa ed a quello utilizzato per la diagnosi energetica.

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

La produzione di ACS avviene mediante l’ausilio di vari boiler elettrici con accumulo integrato dislocati all’interno della struttura in corrispondenza dei servizi igienici dell’Istituto e con una caldaia a metano per la produzione di ACS della cucina.

Le caratteristiche del sistema di produzione di ACS sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche impianto di produzione ACS

| | SERVIZIO | MARCA | Volume l | Numero | POTENZA ASSORBITA kW |
|-------------------|----------|---|---------------------------|--------|---|
| Scuola elementare | ACS | ARISTON – Boiler elettrico con accumulo integrato | 80 | 2 | 1x1,2 (un boiler staccato) |
| Cucina | ACS | RINNAI – Caldaia a metano | Produzione diretta di ACS | 1 | 31kW potenza termica focolare – 28 kW potenza termica utile |
| TOTALE | | | | | 1,2 kW elettrici 31 kW termici |

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

| SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE | SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE | SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO | SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO | SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE | RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 100% | 92,6% | - | - | 72,4 | 62,4% |

Figura 4.23 – Boiler elettrico – Bagno scuola elementare



Figura 4.24 - Caldaia a metano - Cucina



Nel sistema di produzione di ACS in oggetto non è presente alcun sistema di ricircolo e alcun sistema di accumulo. I rendimenti indicati sono stati calcolati con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300.

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 ad esempio le attrezzature delle aule ed altri dispositivi in uso del personale (pc, LIM e stampante multifunzione).

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

| DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE - STIMA [W] | POTENZA COMPLESSIVA [W] | ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore] - STIMA |
|------------------------------|--------|------------------------------------|-------------------------------|---|
| Ascensore | 1 | 2000 | 2000 | 180 |
| LIM | 6 | 340 | 2040 | 540 |
| Fotocopiatrice- stampante | 2 | 200 | 400 | 780 |
| Cappa | 2 | 500 | 1000 | 360 |
| Lavastoviglie | 1 | 6000 | 6000 | 360 |
| Frigoriferi | 3 | 200 | 600 | 6048 |
| TV | 3 | 200 | 600 | 360 |
| pc | 14 | 200 | 2800 | 900 |

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 negli appositi file in Allegato B.

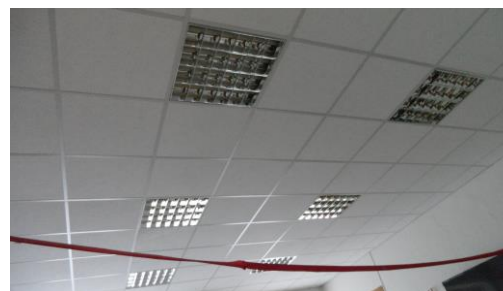
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade a neon fluorescenti di tipo T8, con plafoniere di varia tipologia, prevalentemente sono presente 2x36W e 4x18W. Nei locali al piano primo adibiti a biblioteca sono presenti faretti di potenza stimata circa 200 W.

Figura 4.25 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell’edificio- fluorescente 2X36W – Piano primo



Figura 4.26 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell’edificio- fluorescente 4x18W



L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA UNITARIA [W] | POTENZA COMPLESSIVA [W] |
|-------------|--------------|--------|-------------------------|----------------------------|
| P0 | Fluorescente | 23 | 2x36 | 1656 |
| P0 NON RISC | Fluorescente | 2 | 2X36 | 144 |
| P0 | Fluorescente | 1 | 4X18 | 72 |
| P1 | Fluorescente | 40 | 2X36 | 2880 |
| P1 | Fluorescente | 18 | 1X36 | 648 |
| P1 | Fluorescente | 4 | 1X18 | 72 |
| P1 | Fluorescente | 1 | 1x25 | 25 |
| P1 | Alogeni | 16 | 200 | 1600 |
| P2 | Fluorescente | 35 | 2x36 | 2520 |
| P2 | Fluorescente | 13 | 1x36 | 468 |
| P2 | Fluorescente | 5 | 1X18 | 90 |
| P2 | Fluorescente | 1 | 1X25 | 25 |
| P3 | Fluorescente | 37 | 2X36 | 2664 |
| P3 | Fluorescente | 12 | 1X36 | 432 |
| P3 | Fluorescente | 6 | 1X18 | 108 |
| P3 | Fluorescente | 1 | 1X25 | 25 |
| P4 | Fluorescente | 32 | 2X36 | 2304 |
| P4 | Fluorescente | 6 | 1X18 | 108 |
| P4 | Fluorescente | 17 | 1X36 | 612 |
| P4 | Fluorescente | 1 | 1X25 | 25 |
| P5 | Fluorescente | 25 | 2X36 | 1800 |
| P5 | Fluorescente | 4 | 1X18 | 72 |
| P5 | Fluorescente | 4 | 1X36 | 144 |
| P5 | Fluorescente | 24 | 4X18 | 1728 |
| P5 | Fluorescente | 1 | 1X25 | 25 |
| P6 | Fluorescente | 16 | 2X36 | 1152 |
| P6 | Fluorescente | 2 | 1X18 | 36 |
| P6 | Fluorescente | 5 | 1X25 | 125 |

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.

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;
- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano per la seconda metà del 2014, per il 2015 ed il 2016, nella prima parte del 2014 la centrale termica presente era alimentata a gasolio.

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] |
|-------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Gas Metano | n/a | n/a | 9,94 ⁽⁶⁾ | 1,0549 | 9,42 |
| Gasolio | 11,87 ⁽⁶⁾ | 0,85 | n/a | n/a | 10,09 |

Nota (6) 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 riscaldamento invernale ambienti;
- Caldaia per la produzione di ACS a servizio della mensa scolastica;
- Usi cottura.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas Metano si basa sulla base dei 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 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | [l] – [smc] Gasolio – Gas metano | [smc] Gas Metano | [smc] Gas Metano | [kWh] Gasolio – Gas metano | [kWh] Gas Metano | [kWh] Gas Metano |
| 03270050363056 | Riscaldamento – servizio SIE3 | 14.121 L – 8.456 smc | 49.138 smc | 15.677 smc | 222.131 | 462.882 | 147.667 |
| 03270027261553 | Cottura cibi e produzione ACS | 2.188 | 2.533 | 2.692 | 20.611 | 23.859 | 25.362 |

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

Di seguito si riporta la stima dei consumi del PDR 03270050363056 riportati nella Tabella 5.3. e la suddivisione mensile degli stessi, calcolata in base ai gradi giorno della stazione meteo di riferimento (Centro Funzionale).

Per l’anno 2014 del PDR 3270027261553 non sono state rese disponibili le fatture relative, pertanto il consumo mensile è stato stimato suddividendo il consumo totale annuale per i 9 mesi di apertura della scuola elementare.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento

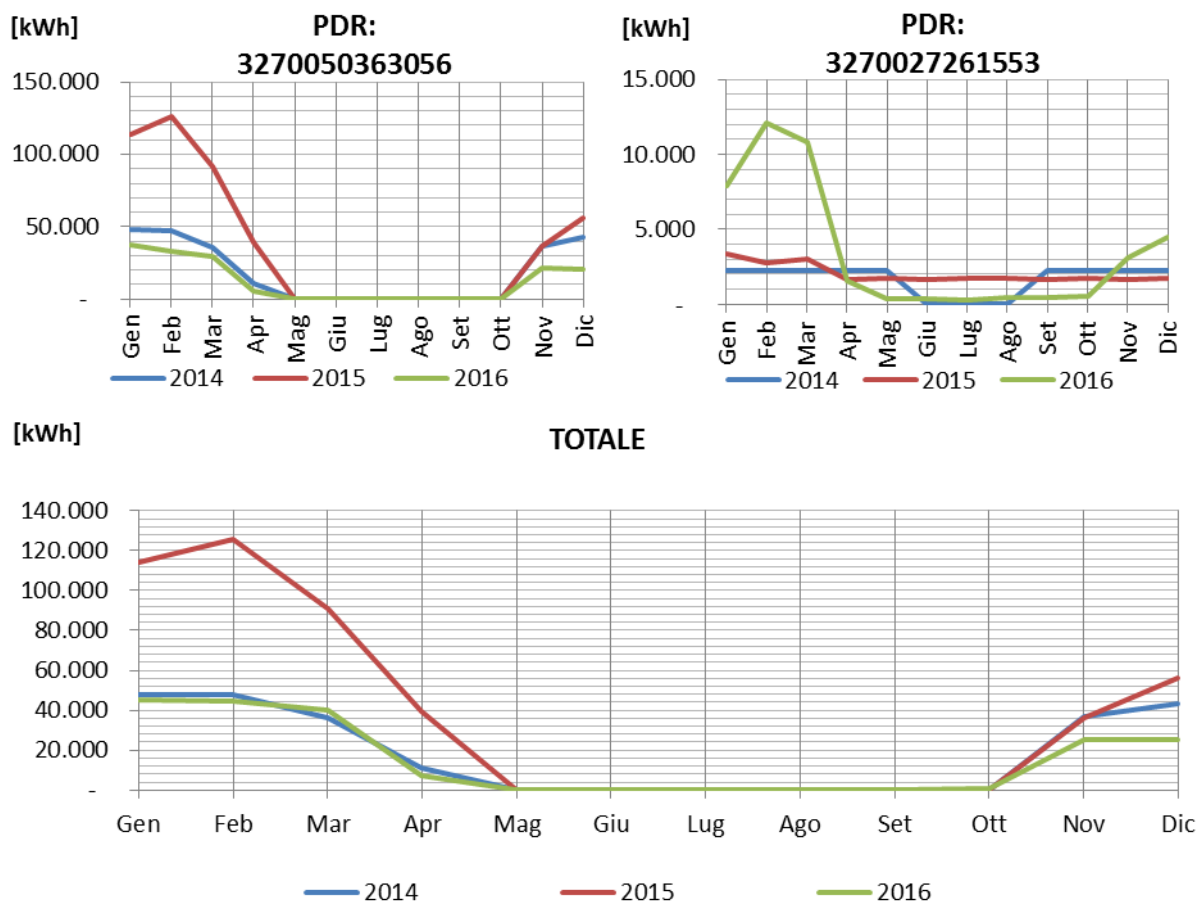
| PDR: 3270050363056 | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-----------------------|--|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| | [L] gasolio – [Sm ³] gas metano | [Sm ³] | [Sm ³] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen | 4.756 | 12.083 | 3.944 | 47.982 | 113.817 | 37.157 |
| Feb | 4.720 | 13.357 | 3.476 | 47.624 | 125.825 | 32.743 |
| Mar | 3.559 | 9.683 | 3.134 | 35.910 | 91.212 | 29.522 |
| Apr | 1.086 | 4.213 | 607 | 10.959 | 39.687 | 5.718 |
| Mag | - | - | - | - | - | - |
| Giu | - | - | - | - | - | - |
| Lug | - | - | - | - | - | - |
| Ago | - | - | - | - | - | - |
| Set | - | - | - | - | - | - |
| Ott | - | - | - | - | - | - |
| Nov | 3.893 | 3.872 | 2.325 | 36.674 | 36.473 | 21.904 |
| Dic | 4.563 | 5.931 | 2.180 | 42.982 | 55.866 | 20.539 |
| Totale | 22.577 | 49.138 | 15.667 | 222.129 | 462.880 | 147.583 |

| PDR: 3270027261553 | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------|
| | [Sm ³] | [Sm ³] | [Sm ³] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen | 243 | 357 | 836 | 2.290 | 3.366 | 7.875 |
| Feb | 243 | 291 | 1.285 | 2.290 | 2.744 | 12.105 |
| Mar | 243 | 323 | 1.145 | 2.290 | 3.038 | 10.786 |
| Apr | 243 | 178 | 163 | 2.290 | 1.677 | 1.535 |
| Mag | 243 | 183 | 38 | 2.290 | 1.724 | 358 |
| Giu | - | 177 | 36 | - | 1.667 | 339 |
| Lug | - | 184 | 32 | - | 1.733 | 301 |

| | | | | | | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Ago | - | 183 | 46 | - | 1.724 | 433 |
| Set | 243 | 178 | 50 | 2.290 | 1.677 | 471 |
| Ott | 243 | 183 | 60 | 2.290 | 1.724 | 565 |
| Nov | 243 | 178 | 328 | 2.290 | 1.677 | 3.090 |
| Dic | 243 | 183 | 476 | 2.290 | 1.724 | 4.484 |
| Totale | 2.188 | 2.598 | 4.495 | 20.611 | 24.474 | 42.343 |

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici stimati



Come è possibile individuare i consumi termici relativi al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti non presentano un andamento regolare, anzi sono state evidenziate grandi anomalie nel triennio considerato. Un aumento dei consumi sembrerebbe attribuibile al PDR legato al servizio di produzione ACS della cucina.

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 nullo nel triennio di riferimento;

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto sono nulli.

Come precedentemente introdotto, i consumi termici non sono lineari nel periodo considerato, pertanto si è scelto di utilizzare solo il 2016 come anno di riferimento di consumo termico per il calcolo di normalizzazione termico. Per l'individuazione della quota di ACS della cucina contenuta nei consumi di gas metano relativi al PDR ad usi cottura è stato fatto un confronto incrociato tra dati di letteratura disponibili, che indicano come 8 mc/anno il consumo per pasto cucinato in una scuola (303 alunni per la scuola elementare al momento del sopralluogo) e l'informazione di m³ di gas metano forniti da Edilclima, calcolati secondo la norma UNI TS 11300. Questa valutazione ha portato ai risultati indicati nella seguente tabella.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| ANNO | GG ^{REALI} SU [107] GIORNI | GG ^{RIF} SU [107] GIORNI | Consumo Reale [L] | Consumo Reale [kWh] | Fattore di normalizzazione α_{rif} | Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh] | CONSUMO ACS [kWh] | CONSUMO ALTRO [kWh] |
|--------------|--|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---|---|-------------------------|---------------------------|
| 2016 | 854 | 909 | 15.667 | 147.720 | 172,9 | 157.153 | 775 | |
| Media | 834 | 909 | 15.667 | 147.720 | 177,1 | 160.939 | 775 | |

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

| GRANDEZZA | VALORE [Kwh] |
|----------------------------------|-----------------|
| \bar{Q}_{ACS} | 775- |
| \bar{Q}_{ALTRO} | - |
| $\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$ | 160.939 |
| $Q_{baseline}$ | 161.715 |

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di due diversi contatori, uno a servizio dell'intero complesso scolastico e uno a servizio delle aule del pre-scuola al piano terra.

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.

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

| POD | ZONA SERVITA | 2014 | 2015 | 2016 | MEDIA |
|----------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| IT001E00122636 | Scuola Elementare | 42.982 | 42.528 | 43.459 | 42.990 |
| IT001E11786124 | Aule pre- scuola piano terra | 206 | 266 | 319 | 264 |
| TOTALE | | 43.188 | 42.794 | 43.778 | 43.254 |

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto di DE all'interno del file kyotoBaseline-E1516 ed è emersa una perfetta sovrapposizione sui consumi relativi al 2014, per poi aumentare la differenza tra le due valutazioni fino ad arrivare ad uno scostamento del 7% nel 2016. Pertanto la baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali desunti dalle fatture fornite per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 43.253 kWh.

Di seguito si riportano i consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fascia per tutti i POD analizzati

Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento – POD1

| POD: IT001E00122636 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 14 | 3.873 | 470 | 836 | 5.179 |
| Feb - 14 | 3.609 | 505 | 696 | 4.810 |
| Mar - 14 | 3.783 | 531 | 745 | 5.059 |
| Apr - 14 | 3.144 | 490 | 760 | 4.394 |
| Mag - 14 | 2.886 | 528 | 675 | 4.089 |
| Giu - 14 | 1.521 | 391 | 662 | 2.574 |
| Lug - 14 | 474 | 254 | 443 | 1.171 |
| Ago - 14 | 341 | 244 | 462 | 1.047 |
| Set - 14 | 2.005 | 390 | 598 | 2.993 |
| Ott - 14 | 2.709 | 362 | 508 | 3.579 |
| Nov - 14 | 2.795 | 407 | 676 | 3.878 |
| Dic - 14 | 3.002 | 448 | 759 | 4.209 |
| Totale | 30.142 | 5.020 | 7.820 | 42.982 |
| POD: IT001E00122636 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 15 | 3.508 | 507 | 814 | 4.829 |

| | | | | |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Feb - 15 | 3.404 | 469 | 638 | 4.511 |
| Mar - 15 | 3.806 | 504 | 732 | 5.042 |
| Apr - 15 | 3.037 | 430 | 711 | 4.178 |
| Mag - 15 | 2.705 | 463 | 687 | 3.855 |
| Giu - 15 | 1.438 | 371 | 610 | 2.419 |
| Lug - 15 | 373 | 193 | 338 | 904 |
| Ago - 15 | 250 | 179 | 366 | 795 |
| Set - 15 | 1.874 | 357 | 519 | 2.750 |
| Ott - 15 | 3.634 | 470 | 602 | 4.706 |
| Nov - 15 | 3.516 | 455 | 582 | 4.553 |
| Dic - 15 | 2.913 | 380 | 693 | 3.986 |
| Totale | 30.458 | 4.778 | 7.292 | 42.528 |
| POD: IT001E00122636 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 16 | 3.509 | 437 | 717 | 4.663 |
| Feb - 16 | 3.725 | 523 | 663 | 4.911 |
| Mar - 16 | 3.490 | 494 | 659 | 4.643 |
| Apr - 16 | 3.231 | 519 | 593 | 4.343 |
| Mag - 16 | 3.151 | 445 | 578 | 4.174 |
| Giu - 16 | 1.429 | 346 | 522 | 2.297 |
| Lug - 16 | 358 | 192 | 337 | 887 |
| Ago - 16 | 342 | 194 | 343 | 879 |
| Set - 16 | 2.174 | 465 | 584 | 3.223 |
| Ott - 16 | 3.293 | 527 | 665 | 4.485 |
| Nov - 16 | 3.742 | 502 | 685 | 4.929 |
| Dic - 16 | 2.902 | 444 | 679 | 4.025 |
| Totale | 31.346 | 5.088 | 7.025 | 43.459 |

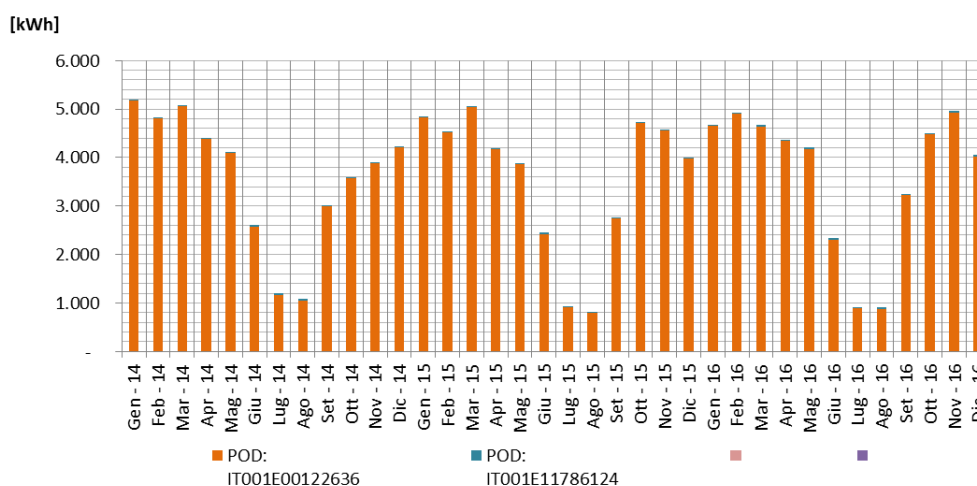
Tabella 5.8 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento – POD2

| | | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| POD: IT001E11786124 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 14 | 3 | 1 | 3 | 7 |
| Feb - 14 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| Mar - 14 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| Apr - 14 | 2 | 2 | 3 | 7 |
| Mag - 14 | 11 | 6 | 10 | 27 |
| Giu - 14 | 18 | 7 | 12 | 37 |
| Lug - 14 | 17 | 6 | 11 | 34 |
| Ago - 14 | 9 | 7 | 13 | 29 |
| Set - 14 | 10 | 6 | 11 | 27 |
| Ott - 14 | 5 | 2 | 5 | 12 |
| Nov - 14 | 2 | 2 | 3 | 7 |

| | | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Dic - 14 | 4 | 1 | 3 | 8 |
| Totale | 84 | 43 | 79 | 206 |
| POD: IT001E11786124 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 15 | 2 | 1 | 2 | 5 |
| Feb - 15 | 7 | 3 | 5 | 15 |
| Mar - 15 | 6 | 5 | 8 | 19 |
| Apr - 15 | 7 | 4 | 9 | 20 |
| Mag - 15 | 11 | 5 | 9 | 25 |
| Giu - 15 | 21 | 8 | 12 | 41 |
| Lug - 15 | 9 | 7 | 12 | 28 |
| Ago - 15 | 10 | 6 | 13 | 29 |
| Set - 15 | 8 | 5 | 8 | 21 |
| Ott - 15 | 7 | 5 | 9 | 21 |
| Nov - 15 | 7 | 4 | 9 | 20 |
| Dic - 15 | 9 | 4 | 9 | 22 |
| Totale | 104 | 57 | 105 | 266 |
| POD: IT001E11786124 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 16 | 5 | 4 | 8 | 17 |
| Feb - 16 | 6 | 4 | 7 | 17 |
| Mar - 16 | 11 | 6 | 8 | 25 |
| Apr - 16 | 10 | 8 | 10 | 28 |
| Mag - 16 | 12 | 6 | 10 | 28 |
| Giu - 16 | 24 | 8 | 13 | 45 |
| Lug - 16 | 8 | 7 | 12 | 27 |
| Ago - 16 | 10 | 7 | 13 | 30 |
| Set - 16 | 9 | 6 | 11 | 26 |
| Ott - 16 | 7 | 5 | 9 | 21 |
| Nov - 16 | 10 | 6 | 9 | 25 |
| Dic - 16 | 13 | 7 | 10 | 30 |
| Totale | 125 | 74 | 120 | 319 |

Considerando la presenza di più POD a servizio dell'edificio in oggetto, si riporta la Figura 5.2 con un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – 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 5.9.

Tabella 5.9 – Consumi mensili di Baseline

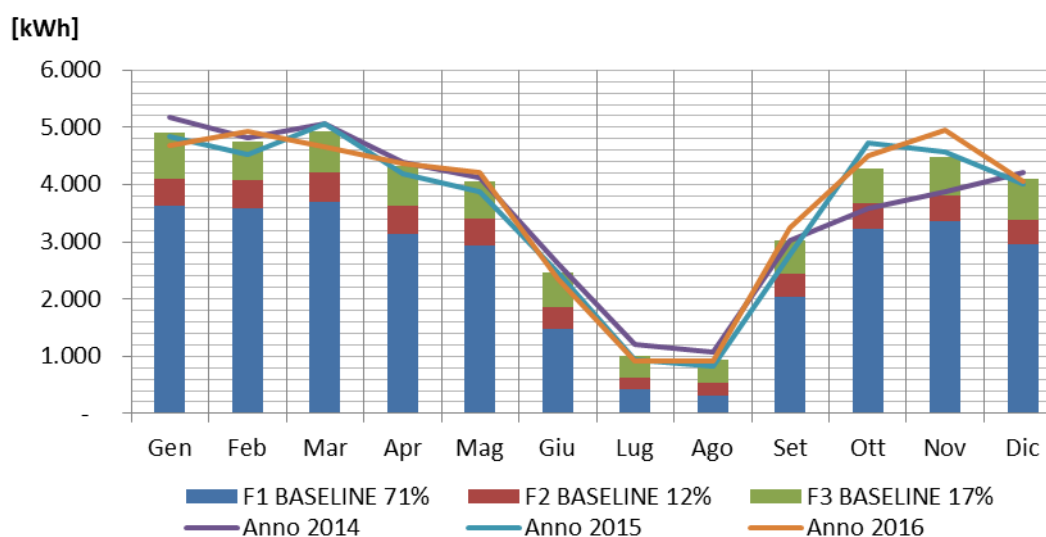
| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 3.633 | 473 | 793 | 4.900 |
| Febbraio | 3.584 | 502 | 670 | 4.756 |
| Marzo | 3.699 | 514 | 718 | 4.931 |
| Aprile | 3.144 | 484 | 695 | 4.323 |
| Maggio | 2.925 | 484 | 656 | 4.066 |
| Giugno | 1.484 | 377 | 610 | 2.471 |
| Luglio | 413 | 220 | 384 | 1.017 |
| Agosto | 321 | 212 | 403 | 936 |
| Settembre | 2.027 | 410 | 577 | 3.013 |
| Ottobre | 3.218 | 457 | 599 | 4.275 |
| Novembre | 3.357 | 459 | 655 | 4.471 |
| Dicembre | 2.948 | 428 | 718 | 4.093 |
| Totale | 30.753 | 5.020 | 7.480 | 43.253 |

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in

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

.

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti ricorrenti e seguono in modo adeguato i periodi di utilizzo ed apertura della struttura, nello specifico si rileva che comunque durante il periodo di chiusura ci sono sempre dei consumi legati alle utenze sempre attive. Il presente edificio è sprovvisto delle curve di carico essendo inferiore ai 55kW.

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 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

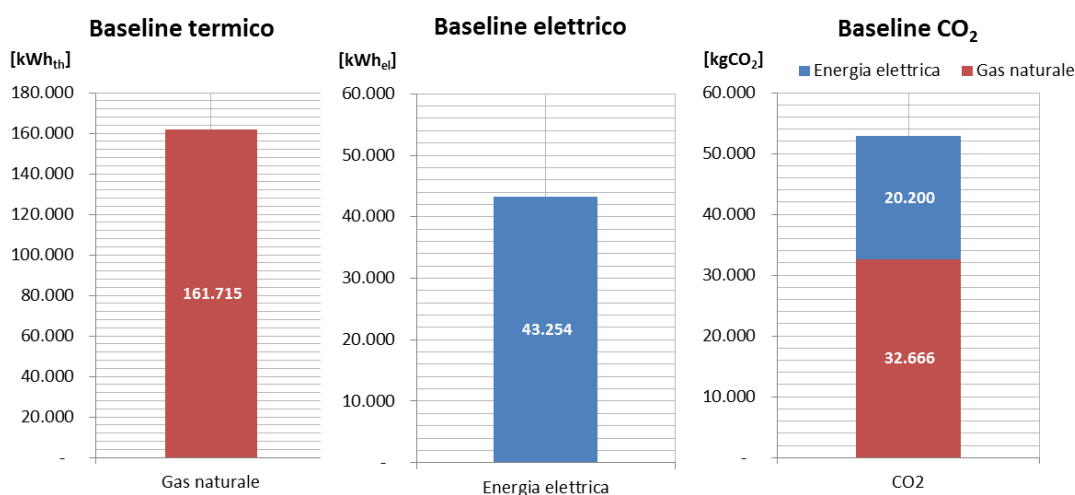
| COMBUSTIBILE | FATTORE DI CONVERSIONE |
|-------------------|------------------------|
| | kgCO ₂ /kWh |
| Energia elettrica | * 0,467 |
| Gas naturale | * 0,202 |
| GPL | * 0,227 |
| Olio combustibile | * 0,267 |
| Gasolio | * 0,267 |
| Benzina | * 0,249 |

* 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 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.11 e nella Figura 5.4

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE | |
|-------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|
| | [kWh] | [kgCO ₂ /kWh] | [kgCO ₂] |
| Gas naturale | 161.715 | 0,202 | 32.666 |
| Energia elettrica | 43.254 | 0,467 | 20.200 |

Figura 5.4 – 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 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

| COMBUSTIBILE | F _{P,nren} | F _{P,ren} | F _{P,tot} |
|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Gas metano | 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 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO | | VALORE | U.M. |
|-----------|-------------------------------------|--------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta riscaldata | 2.767 | m ² |
| FATTORE 2 | Superficie totale (risc e non risc) | 3.684 | m ² |
| FATTORE 3 | Volume lordo riscaldata | 14.928 | m ³ |

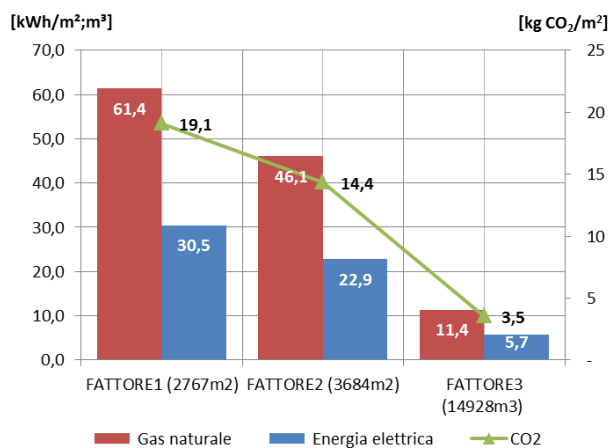
Nella Tabella 5.14 e Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

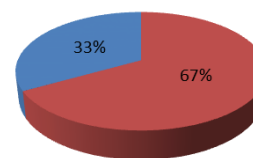
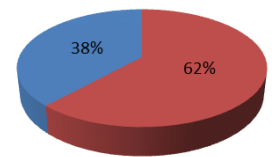
| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|--|--|---|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | 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 | | | | | | | | | |
| Metano | 161.715 | 1,05 | 169.801 | 61,4 | 46,1 | 11,4 | 11,81 | 8,87 | 2,19 |
| Energia elettrica | 43.254 | 2,42 | 104.675 | 37,8 | 28,4 | 7,0 | 7,30 | 5,48 | 1,35 |
| TOTALE | | | 274.475 | 99 | 75 | 18 | 19 | 14 | 4 |

Tabella 5.15 – 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 | | | | | | | | | |
| Metano | 161.715 | 1,05 | 169.801 | 61,4 | 46,1 | 11,4 | 11,81 | 8,87 | 2,19 |
| Energia elettrica | 43.254 | 1,95 | 84.345 | 30,5 | 22,9 | 5,7 | 7,30 | 5,48 | 1,35 |
| TOTALE | | | 254.146 | 92 | 69 | 17 | 19 | 14 | 4 |

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

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

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

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

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

| COMBUSTIBILE | IEN _R | | | IEN _E | | |
|-------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|------|------|
| | Wh/(m ³ GG anno) | | | Wh/(m ³ anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 13,6 | 27,3 | 10,6 | 0 | 0 | 0 |
| Energia elettrica | 0 | 0 | 0 | 12,5 | 12,4 | 12,7 |

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo relativamente ad IEN_R dei valori molto disallineati nel periodo considerato, il giudizio passa da sufficiente, ad insufficiente a buono per l'anno 2016.

IEN_E mantiene invece un valore pressochè costante ed omogeneo nel periodo considerato, attestando un giudizio insufficiente alla struttura.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'Allegato M – Report di Benchmark allegato alla presente diagnosi energetica.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|--|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale | EP _{gl} | kWh/mq anno | 146,64 | 133,94 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 82,39 | 82,11 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | 0,30 | 0,30 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 62,42 | 50,30 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 1,53 | 1,23 |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 29 | 29 |

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 |
|-----------------------------|---------------|--|
| | [Smc] – [kWh] | [kWh/anno] |
| Gas Metano | 22.724 | 214.066 |
| Energia Elettrica | 77.848 | 181.803 |

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

| FABBISOGNO | Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel] |
|--|--|
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS | $E_{W, aux, gn}$ |
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento | $E_{H, aux, gn}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione | $E_{ve,el} + E_{aux,e}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS) | $E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio | $E_{L,int}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione | $Q_{c,aux}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni) | $E_T + E_{altro}^{(7)}$ |
| Perdite al trasformatore | $E_{trasf}^{(*)}$ |
| Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili | $E_{exp,el}$ |

Nota (7) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor ipotizzando un profilo di consumi annuali di utilizzo delle attrezzature della cucina.

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 il reale funzionamento degli edifici serviti dalla medesima centrale termica, ognuno con il proprio orario di accensione e spegnimento degli impianti ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici rilevati in sede di sopralluogo.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

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

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale | EP _{gl} | kWh/mq anno | 97,05 | 90,10 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 62,05 | 61,84 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | 0,30 | 0,30 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 33,17 | 26,73 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 1,53 | 1,23 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 19 | 19 |

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. I valori di EP globali sopra riportati di scostano di una piccola percentuale rispetto agli EP calcolati dai dati di consumo e baseline individuati, pertanto risultano coerenti.

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

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-----------------------------|---------------|--|
| | [Smc] – [kWh] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale | 17.135 | 161.461 |
| Energia Elettrica | 44.000 | 85.798 |

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] | [%] |
| 161.715 | 161.461 | 0% |

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] | [%] |
| 43.254 | 44.000 | 2% |

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

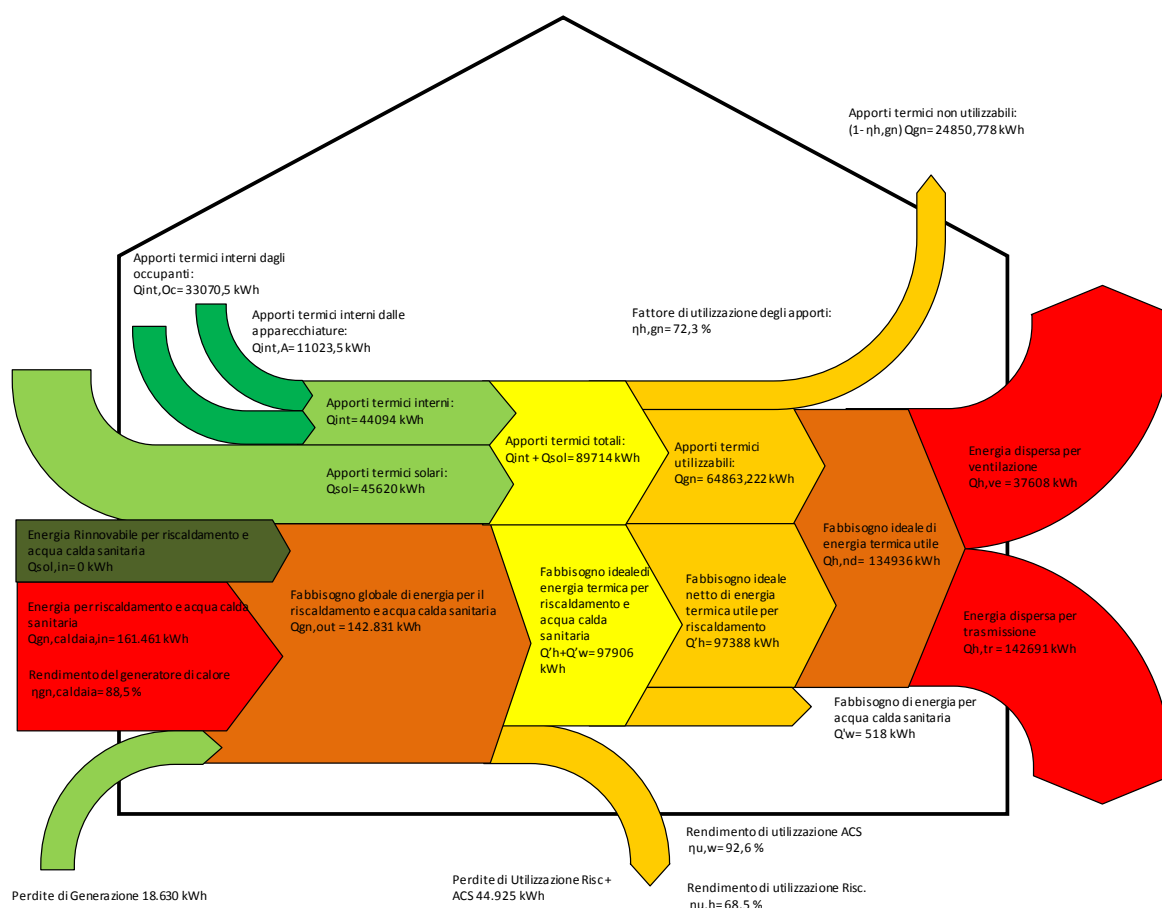
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

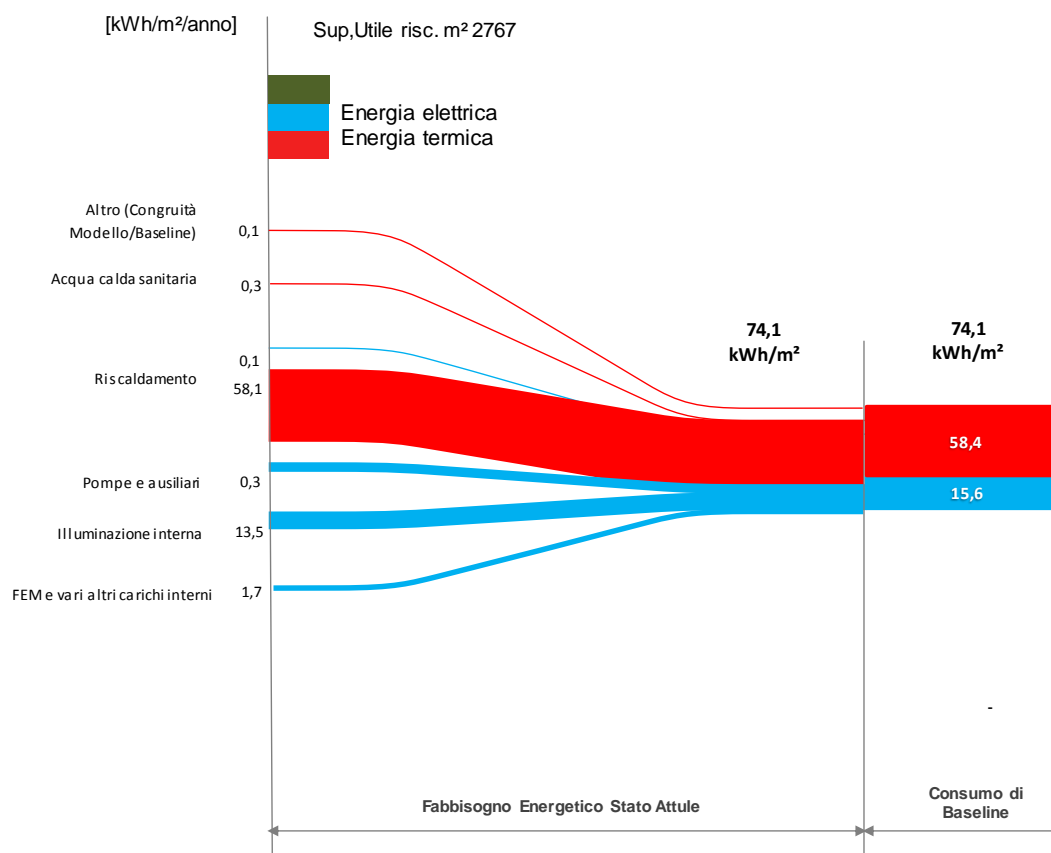
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che la maggior parte di energia termica è dispersa per trasmissione e non si ha il contributo di energia rinnovabile in ingresso all'edificio.

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

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



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

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

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

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

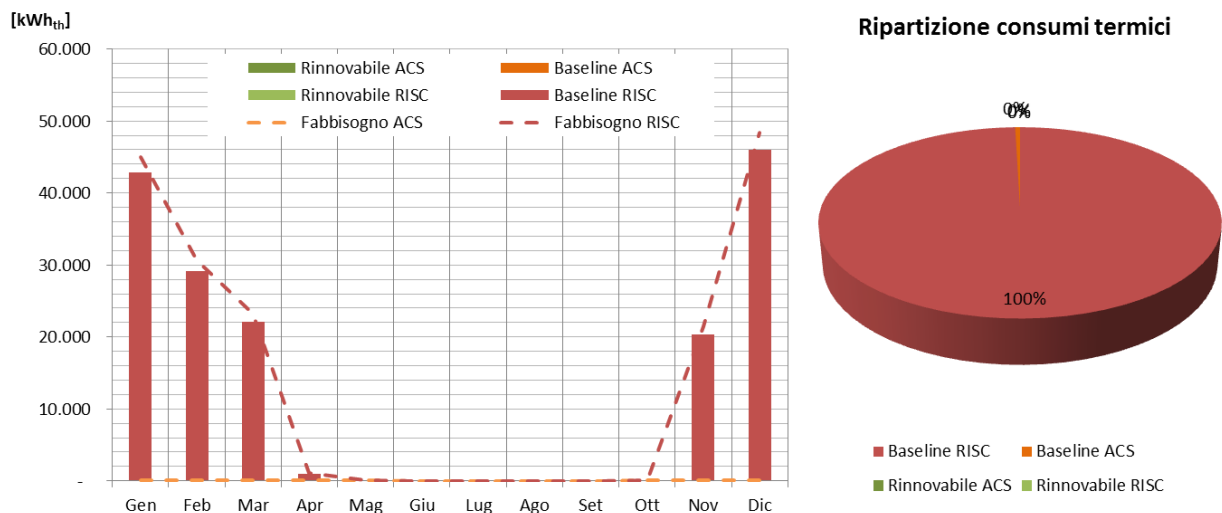
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che non si ha un contributo di energia rinnovabile e che il consumo maggiore di energia termica   a carico del servizio di riscaldamento, mentre la maggioranza del consumo elettrico   a carico dell’illuminazione dell’edificio.

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 tutti i consumi termici sono da attribuirsi quasi esclusivamente al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti, c'è anche una piccola porzione di ACS della cucina alimentata a gas metano.

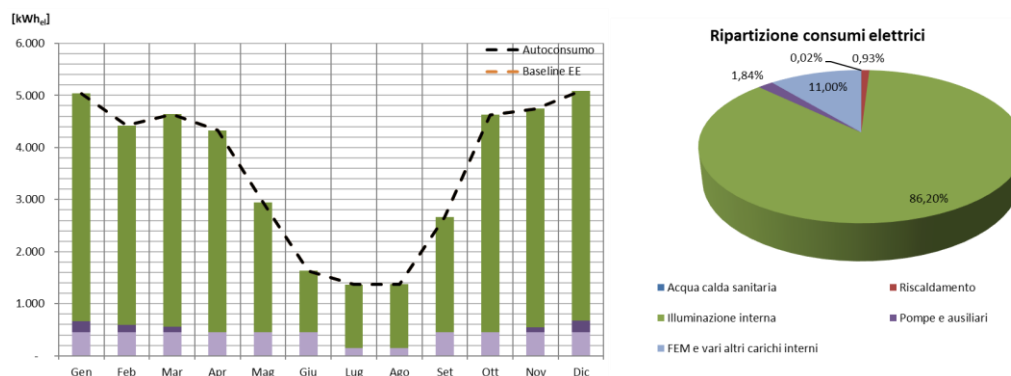
Inoltre è possibile individuare che non sono presenti contributi di energia rinnovabile per riscaldamento invernale.

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 al sistema di illuminazione interna, seguito da FEM e altri carichi interni. La componente FEM è stata calcolata in base a delle potenze elettriche stimate per le attrezzature rilevate in sede di sopralluogo ed ipotizzando un profilo di funzionamento annuale. Per il dettaglio dei calcoli si rimanda ai contenuti dell’Allegato B – Elaborati.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

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 diversi contatori:

- il PDR1 – 03270050363056 - che prevede un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è quindi stato possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.
- Il PDR2 – 03270027261553– che prevede per contratto "cottura cibi + riscaldamento" è adibito alla produzione di ACS cucina annessa alla scuola. Il contratto di fornitura del solo vettore energetico è stipulato direttamente PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare una analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

| PDR2 – 03270027261553 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|------------------|--|--|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova |
| Società di fornitura | IREN | 1 -IREN 2- ENI | 1- ENI 2- ENERGETIC |
| Inizio periodo fornitura | Precedente | Cambio fornitura a aprile 2015 | Cambio fornitura da aprile 2016 |
| Fine periodo fornitura | - | 1- aprile 2015 | 1-aprile 2016 |
| Classe del contatore | G6 | G6 – G10 | G10 |
| Tipologia di contratto | ND | UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO | UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO |
| Opzione tariffaria | ND | 1- PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO 2 - CONSIP 7 GAS | 1 – CONSIP 7 GAS 2- PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO |
| Valore del coefficiente correttivo dei consumi | | 1,023 | 1,023 |
| Prezzi del fornitura del combustibile €/smc ⁽⁸⁾ | 0,34 | 0,33 | 0,25 |

Nota (8): 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.

Nelle Tabella 7.2 si riportano l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento fornito, suddiviso nelle varie componenti, ricostruito in base ai costi medi unitari per il gasolio (2014) e per il metano (2014-2015-2016), reperiti sul sito ARERA.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento per il PDR1 03270050363056.

| PDR: 03270050363056 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|---------------|------------------|------------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [kWh] | [€/kWh] |
| Gen - 14 | 2.929 | - | - | 1.917 | 1.066 | 5.912 | 47.982 | 0,123 |
| Feb - 14 | 2.908 | - | - | 1.902 | 1.058 | 5.868 | 47.624 | 0,123 |
| Mar - 14 | 2.192 | - | - | 1.434 | 798 | 4.425 | 35.910 | 0,123 |
| Apr - 14 | 669 | - | - | 438 | 243 | 1.350 | 10.959 | 0,123 |
| Mag - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Giu - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lug - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ago - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Set - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ott - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Nov - 14 | 1.298 | 41 | 466 | 825 | 579 | 3.208 | 36.674 | 0,087 |
| Dic - 14 | 1.521 | 48 | 546 | 966 | 678 | 3.760 | 42.982 | 0,087 |
| Totale | 11.518 | 89 | 1.013 | 7.482 | 4.422 | 24.523 | 222.129 | 0,110 |
| PDR: 03270050363056 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [kWh] | [€/kWh] |
| Gen - 15 | 4.010 | 86 | 1.497 | 2.559 | 1.793 | 9.946 | 113.817 | 0,087 |
| Feb - 15 | 4.433 | 95 | 1.655 | 2.829 | 1.983 | 10.995 | 125.825 | 0,087 |
| Mar - 15 | 3.214 | 69 | 1.200 | 2.051 | 1.437 | 7.970 | 91.212 | 0,087 |
| Apr - 15 | 1.270 | 30 | 533 | 892 | 600 | 3.325 | 39.687 | 0,084 |
| Mag - 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Giu - 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lug - 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ago - 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Set - 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ott - 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Nov - 15 | 1.162 | 28 | 533 | 820 | 559 | 3.102 | 36.473 | 0,085 |
| Dic - 15 | 1.779 | 42 | 816 | 1.256 | 857 | 4.751 | 55.866 | 0,085 |
| Totale | 15.868 | 351 | 6.233 | 10.407 | 7.229 | 40.089 | 462.880 | 0,087 |
| PDR: 03270050363056 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [kWh] | [€/kWh] |
| Gen - 16 | 1.102 | 107 | 539 | 835 | 568 | 3.152 | 37.157 | 0,085 |
| Feb - 16 | 971 | 95 | 475 | 736 | 501 | 2.777 | 32.743 | 0,085 |

| | | | | | | | | |
|---------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Mar - 16 | 876 | 85 | 428 | 664 | 452 | 2.504 | 29.522 | 0,085 |
| Apr - 16 | 134 | 17 | 80 | 129 | 79 | 438 | 5.718 | 0,077 |
| Mag - 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Giu - 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lug - 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ago - 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Set - 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ott - 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Nov - 16 | 534 | 63 | 310 | 492 | 308 | 1.708 | 21.904 | 0,078 |
| Dic - 16 | 501 | 59 | 291 | 462 | 289 | 1.602 | 20.539 | 0,078 |
| Totale | 4.117 | 426 | 2.122 | 3.318 | 2.196 | 12.180 | 147.583 | 0,083 |

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento per il PDR2 03270027261553

| PDR: 03270027261553 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|---------------|------------------|------------------|------------|------------|--------------|-------------------|------------------------------|
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWh] | [€/kWh] |
| Gen - 14 | 90 | 13 | 29 | 51 | 40 | 224 | 2.290 | 0,098 |
| Feb - 14 | 90 | 13 | 29 | 51 | 40 | 224 | 2.290 | 0,098 |
| Mar - 14 | 90 | 13 | 29 | 51 | 40 | 224 | 2.290 | 0,098 |
| Apr - 14 | 83 | 13 | 29 | 51 | 39 | 216 | 2.290 | 0,094 |
| Mag - 14 | 83 | 13 | 29 | 29 | 24 | 179 | 2.290 | 0,078 |
| Giu - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lug - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ago - 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Set - 14 | 81 | 13 | 29 | 29 | 23 | 176 | 2.290 | 0,077 |
| Ott - 14 | 81 | 13 | 29 | 29 | 23 | 176 | 2.290 | 0,077 |
| Nov - 14 | 81 | 13 | 29 | 51 | 39 | 214 | 2.290 | 0,093 |
| Dic - 14 | 81 | 13 | 29 | 51 | 39 | 214 | 2.290 | 0,093 |
| Totale | 763 | 120 | 260 | 396 | 308 | 1.847 | 20.611 | 0,090 |
| PDR: 03270027261553 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWh] | [€/kWh] |
| Gen - 15 | 153 | 4 | 48 | 56 | 26 | 287 | 3.366 | 0,085 |
| Feb - 15 | 125 | 4 | 48 | 58 | 40 | 274 | 2.744 | 0,100 |
| Mar - 15 | 138 | 4 | 48 | 63 | 56 | 309 | 3.038 | 0,102 |
| Apr - 15 | 50 | 4 | 21 | 35 | 24 | 135 | 1.677 | 0,080 |
| Mag - 15 | 52 | 4 | 22 | 36 | 25 | 138 | 1.724 | 0,080 |
| Giu - 15 | 50 | 4 | 20 | 38 | 25 | 137 | 1.667 | 0,082 |
| Lug - 15 | 50 | 4 | 21 | 38 | 25 | 138 | 1.733 | 0,080 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---|---|----------------|------------|---------------|------------------------------|---|
| Ago - 15 | 50 | 4 | 21 | 38 | 25 | 137 | 1.724 | 0,079 |
| Set - 15 | 48 | 4 | 21 | 37 | 24 | 134 | 1.677 | 0,080 |
| Ott - 15 | 50 | 4 | 21 | 38 | 25 | 139 | 1.724 | 0,081 |
| Nov - 15 | 49 | 4 | 21 | 50 | 27 | 150 | 1.677 | 0,089 |
| Dic - 15 | 50 | 4 | 21 | 58 | 29 | 163 | 1.724 | 0,094 |
| Totale | 866 | 46 | 333 | 543 | 351 | 2.140 | 24.474 | 0,087 |
| PDR: 03270027261553 | 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 | 216 | 4 | 98 | 229 | 89 | 635 | 7.875 | 0,081 |
| Feb - 16 | 332 | 4 | 152 | 150 | 140 | 777 | 12.105 | 0,064 |
| Mar - 16 | 295 | 4 | 133 | 243 | 148 | 823 | 10.786 | 0,076 |
| Apr - 16 | 33 | 89 | 20 | 32 | 38 | 212 | 1.535 | 0,138 |
| Mag - 16 | 8 | 89 | 5 | 7 | 24 | 132 | 358 | 0,370 |
| Giu - 16 | 7 | 89 | 4 | 7 | 24 | 131 | 339 | 0,387 |
| Lug - 16 | 7 | 89 | 4 | 6 | 23 | 129 | 301 | 0,428 |
| Ago - 16 | 10 | 89 | 6 | 9 | 25 | 138 | 433 | 0,319 |
| Set - 16 | 10 | 89 | 6 | 10 | 25 | 141 | 471 | 0,298 |
| Ott - 16 | 14 | 89 | 7 | 12 | 27 | 148 | 565 | 0,262 |
| Nov - 16 | 77 | 89 | 36 | 67 | 59 | 329 | 3.090 | 0,106 |
| Dic - 16 | 112 | 89 | 52 | 93 | 76 | 422 | 4.484 | 0,094 |
| Totale | 1.120 | 810 | 523 | 865 | 699 | 4.017 | 42.343 | 0,095 |

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

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

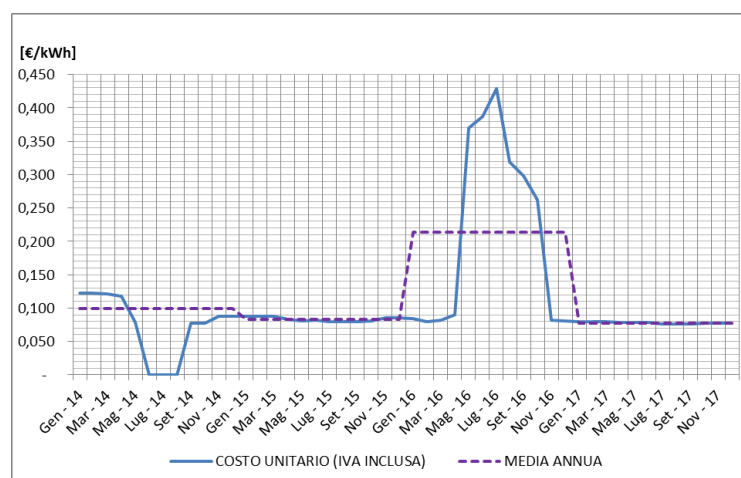
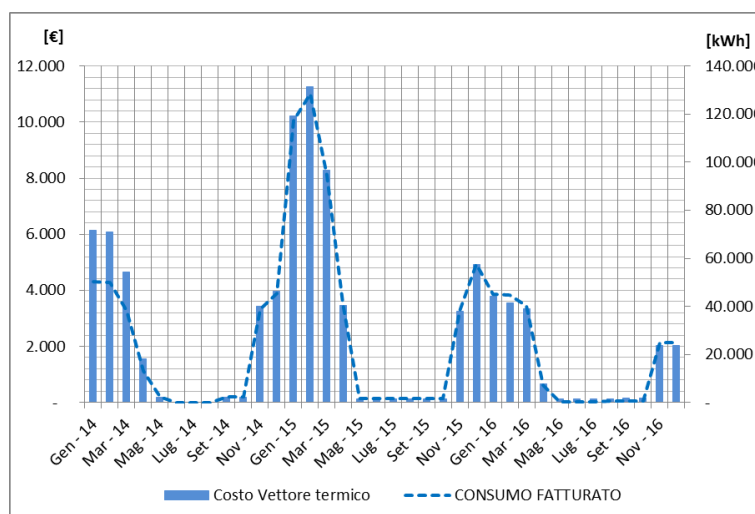


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite 2 POD presente all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00122636 – a servizio dell’edificio scolastico
- POD 2 - IT001E11786124 – a servizio delle aule del pre-scuola al piano terra.

Per tutti i POD il contratto di fornitura del vettore energetico è 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.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento dei POD elencati.

Tabella 7.4 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento – POD 1

| POD 1 – IT001E00122636 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|---------------------------------|--|--|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova |
| Società di fornitura | EDISON ENERGIA SPA | 1- EDISON ENERGIA SPA 2 GALA | 1- GALA 2- IREN SPA |
| Inizio periodo fornitura | Precedente | CONTRATTO GALA DA APRILE 2015 | CONTRATTO IREN DA GIUGNO 2016 |
| Fine periodo fornitura | - | CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA APRILE 2015 | CHIUSURA CONTRATTO CON GALA DA MAGGIO 2016 |
| Potenza elettrica impegnata | 40-25 kW | 40-25 kW | 40-25 kW |
| Potenza elettrica disponibile | 40 kW | 40 kW | 40 kW |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT (Escluso IP) | 1 - Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - CONSIP EE12 LOTTO 2 | - 1 - CONSIP EE12 LOTTO 2 2- CONSIP13 VERDE- L0390 |
| Prezzi del fornitura dell’energia elettrica ⁽⁹⁾ €/kWh | 0,091 | 0,063 | 0,067 |

Nota (9): 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.

Tabella 7.5 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento – POD 2

| POD 2 – v IT001E11786124 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|--------------------|--|--|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova |
| Società di fornitura | EDISON ENERGIA SPA | 1- EDISON ENERGIA SPA 2 GALA | 1- GALA 2- IREN SPA |
| Inizio periodo fornitura | Precedente | CONTRATTO GALA DA APRILE 2015 | CONTRATTO IREN DA APRILE 2016 |
| Fine periodo fornitura | - | CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA APRILE 2015 | CHIUSURA CONTRATTO CON GALA DA MARZO 2016 |
| Potenza elettrica impegnata | 6 kW | 6 kW | 6 kW |
| Potenza elettrica disponibile | 6 kW | 6 kW | 6 kW |
| Tipologia di contratto | GENOVA-2013-NEW | 1 – GENOVA-2013-NEW - 2 - CONSIP EE12 LOTTO 2 | - 1 - CONSIP EE12 LOTTO 2 2- CONSIP13 VERDE- L0390 |
| Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁰⁾ | 0,087 | 0,060 | 0,065 |

Nota (10): 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.

Nelle seguenti tabelle si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti, per ogni POD analizzato.

Tabella 7.6 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento – POD 1

| POD: IT001E00122636 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO |
|------------------------|---------------|------------------|------------------|---------|-----|--------|-------------------|----------------|
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 14 | 473 | 88 | 433 | 65 | 106 | 1.164 | 5.179 | 0,225 |
| Feb - 14 | 440 | 88 | 401 | 60 | 99 | 1.089 | 4.810 | 0,226 |
| Mar - 14 | 465 | 85 | 422 | 63 | 104 | 1.139 | 5.059 | 0,225 |
| Apr - 14 | 418 | 83 | 371 | 55 | 93 | 1.020 | 4.394 | 0,232 |
| Mag - 14 | 388 | 72 | 341 | 51 | 85 | 938 | 4.089 | 0,229 |
| Giu - 14 | 239 | 67 | 207 | 32 | 54 | 599 | 2.574 | 0,233 |
| Lug - 14 | 103 | 24 | 92 | 15 | 23 | 258 | 1.171 | 0,220 |
| Ago - 14 | 91 | 24 | 82 | 13 | 21 | 231 | 1.047 | 0,221 |
| Set - 14 | 277 | 67 | 254 | 37 | 64 | 698 | 2.993 | 0,233 |
| Ott - 14 | 330 | 75 | 322 | 45 | 77 | 849 | 3.579 | 0,237 |
| Nov - 14 | 351 | 80 | 342 | 48 | 82 | 905 | 3.878 | 0,233 |
| Dic - 14 | 374 | 88 | 368 | 53 | 88 | 970 | 4.209 | 0,230 |

| Totale | 3.948 | 842 | 3.635 | 537 | 896 | 9.859 | 42.982 | 0,229 |
|------------------------|------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|--------------|----------------------|-------------------|
| POD: IT001E00122636 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO |
| | | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 15 | 410,14 | 94,39 | 403,66 | 60,36 | 96,86 | 1.065 | 4.829 | 0,221 |
| Feb - 15 | 370,58 | 83,58 | 376,02 | 56,39 | 88,66 | 975 | 4.511 | 0,216 |
| Mar - 15 | 400,47 | 83,58 | 421,60 | 63,03 | 96,87 | 1.066 | 5.042 | 0,211 |
| Apr - 15 | 242,76 | 78,51 | 351,79 | 52,23 | 72,54 | 798 | 4.178 | 0,191 |
| Mag - 15 | 215,77 | 73,10 | 321,47 | 48,19 | 65,86 | 724 | 3.855 | 0,188 |
| Giu - 15 | 133,81 | 62,29 | 195,25 | 30,24 | 42,17 | 464 | 2.419 | 0,192 |
| Lug - 15 | 48,39 | 22,13 | 73,04 | 11,30 | 15,49 | 170 | 904 | 0,188 |
| Ago - 15 | 42,56 | 19,42 | 63,28 | 9,94 | 13,53 | 149 | 795 | 0,187 |
| Set - 15 | 130,19 | 73,46 | 241,00 | 34,38 | 47,91 | 527 | 2.750 | 0,192 |
| Ott - 15 | 205,13 | 87,40 | 420,91 | 58,83 | 77,24 | 850 | 4.706 | 0,181 |
| Nov - 15 | 198,34 | 87,40 | 407,24 | 56,91 | 75,00 | 825 | 4.553 | 0,181 |
| Dic - 15 | 308,98 | 90,10 | 352,86 | 49,83 | 80,19 | 882 | 3.986 | 0,221 |
| Totale | 2.707 | 855 | 3.628 | 532 | 772 | 8.495 | 42.528 | 0,200 |
| POD: IT001E00122636 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO |
| | | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 16 | 328,23 | 82,25 | 369,98 | 58,29 | 83,89 | 923 | 4.663 | 0,198 |
| Feb - 16 | 275,06 | 82,25 | 389,90 | 61,39 | 80,87 | 889 | 4.911 | 0,181 |
| Mar - 16 | 242,97 | 79,74 | 368,44 | 58,04 | 74,92 | 824 | 4.643 | 0,177 |
| Apr - 16 | 228,64 | 74,71 | 345,06 | 54,29 | 70,27 | 773 | 4.343 | 0,178 |
| Mag - 16 | 235,57 | 77,23 | 330,95 | 52,18 | 69,60 | 766 | 4.174 | 0,183 |
| Giu - 16 | 136,45 | 67,17 | 180,55 | 28,71 | 41,29 | 454 | 2.297 | 0,198 |
| Lug - 16 | 62,09 | 24,43 | 69,25 | 11,09 | 16,69 | 184 | 887 | 0,207 |
| Ago - 16 | 55,39 | 24,43 | 68,57 | 10,99 | 15,94 | 175 | 879 | 0,199 |
| Set - 16 | 233,17 | 64,66 | 255,82 | 40,29 | 59,40 | 653 | 3.223 | 0,203 |
| Ott - 16 | 361,26 | 84,77 | 360,48 | 56,06 | 86,26 | 949 | 4.485 | 0,212 |
| Nov - 16 | 440,16 | 82,26 | 397,43 | 61,61 | 98,15 | 1.080 | 4.929 | 0,219 |
| Dic - 16 | 342,46 | 87,28 | 323,17 | 50,31 | 80,33 | 884 | 4.025 | 0,220 |
| Totale | 2.941 | 831 | 3.460 | 543 | 778 | 8.553 | 43.459 | 0,197 |

Tabella 7.7 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di rierimento – POD 2

| POD: IT001E11786124 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------|-----------|------------|-------------------|---------------------------------|
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 14 | 0,53 | 30,48 | 0,50 | 0,09 | 3,16 | 35 | 7 | 4,965 |
| Feb - 14 | 0,39 | 30,48 | 0,36 | 0,06 | 3,13 | 34 | 5 | 6,884 |
| Mar - 14 | 0,44 | 30,48 | 0,44 | 0,08 | 3,14 | 35 | 6 | 5,763 |
| Apr - 14 | 0,56 | 30,48 | 0,52 | 0,09 | 3,16 | 35 | 7 | 4,973 |
| Mag - 14 | 2,45 | 13,71 | 2,10 | 0,34 | 1,86 | 20 | 27 | 0,758 |
| Giu - 14 | 3,39 | 13,71 | 2,97 | 0,46 | 2,05 | 23 | 37 | 0,610 |
| Lug - 14 | 3,11 | 30,58 | 2,66 | 0,43 | 3,68 | 40 | 34 | 1,190 |
| Ago - 14 | 2,52 | 30,58 | 2,27 | 0,36 | 3,57 | 39 | 29 | 1,355 |
| Set - 14 | 2,38 | 30,58 | 2,11 | 0,34 | 3,54 | 39 | 27 | 1,443 |
| Ott - 14 | 1,10 | 30,80 | 0,97 | 0,15 | 3,30 | 36 | 12 | 3,027 |
| Nov - 14 | 0,54 | 30,80 | 0,53 | 0,09 | 3,20 | 35 | 7 | 5,022 |
| Dic - 14 | 0,53 | 13,63 | 0,93 | 0,10 | 1,52 | 17 | 8 | 2,089 |
| Totale | 18 | 316 | 16 | 3 | 35 | 389 | 206 | 1,886 |
| POD: IT001E11786124 | 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 | 0,36 | 31,36 | 0,40 | 0,06 | 3,22 | 35 | 5 | 7,080 |
| Feb - 15 | 1,18 | 31,36 | 1,22 | 0,19 | 3,39 | 37 | 15 | 2,489 |
| Mar - 15 | 1,44 | 31,36 | 1,57 | 0,24 | 3,46 | 38 | 19 | 2,004 |
| Apr - 15 | 1,26 | 31,68 | 1,66 | 0,25 | 3,49 | 38 | 20 | 1,917 |
| Mag - 15 | 1,49 | 31,68 | 2,07 | 0,31 | 3,56 | 39 | 25 | 1,564 |
| Giu - 15 | 2,28 | 31,68 | 3,41 | 0,51 | 3,79 | 42 | 41 | 1,016 |
| Lug - 15 | 1,51 | 32,04 | 2,38 | 0,35 | 3,63 | 40 | 28 | 1,425 |
| Ago - 15 | 1,54 | 32,04 | 2,44 | 0,36 | 3,64 | 40 | 29 | 1,380 |
| Set - 15 | 1,10 | 32,04 | 1,78 | 0,26 | 3,52 | 39 | 21 | 1,843 |
| Ott - 15 | 0,99 | 32,47 | 1,85 | 0,26 | 3,56 | 39 | 21 | 1,863 |
| Nov - 15 | 1,04 | 32,47 | 1,77 | 0,25 | 3,55 | 39 | 20 | 1,954 |
| Dic - 15 | 1,58 | 32,47 | 1,96 | 0,28 | 3,63 | 40 | 22 | 1,814 |
| Totale | 16 | 383 | 23 | 3 | 42 | 467 | 266 | 1,754 |
| POD: IT001E11786124 | 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 | 1,10 | 31,20 | 1,42 | 0,21 | 3,39 | 37 | 17 | 2,196 |
| Feb - 16 | 0,90 | 31,20 | 1,41 | 0,21 | 3,37 | 37 | 17 | 2,182 |
| Mar - 16 | 1,32 | 31,20 | 2,06 | 0,31 | 3,49 | 38 | 25 | 1,535 |
| Apr - 16 | 1,46 | 31,20 | 2,33 | 0,35 | 3,53 | 39 | 28 | 0,694 |
| Mag - 16 | 1,56 | 31,20 | 2,33 | 0,35 | 3,54 | 39 | 28 | 0,694 |
| Giu - 16 | 2,65 | 31,20 | 3,75 | 0,56 | 3,82 | 42 | 45 | 0,933 |
| Lug - 16 | 1,86 | 31,20 | 2,25 | 0,34 | 3,56 | 39 | 27 | 1,452 |
| Ago - 16 | 1,89 | 31,20 | 2,50 | 0,38 | 3,60 | 40 | 30 | 1,319 |
| Set - 16 | 1,80 | 31,20 | 2,16 | 0,33 | 3,55 | 39 | 26 | 1,501 |
| Ott - 16 | 1,57 | 31,20 | 1,77 | 0,26 | 3,48 | 38 | 21 | 1,823 |
| Nov - 16 | 2,07 | 31,20 | 2,11 | 0,31 | 3,57 | 39 | 25 | 1,570 |
| Dic - 16 | 2,43 | 31,20 | 2,53 | 0,38 | 3,65 | 40 | 30 | 1,340 |
| Totale | 21 | 374 | 27 | 4 | 43 | 468 | 319 | 1,468 |

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento.

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

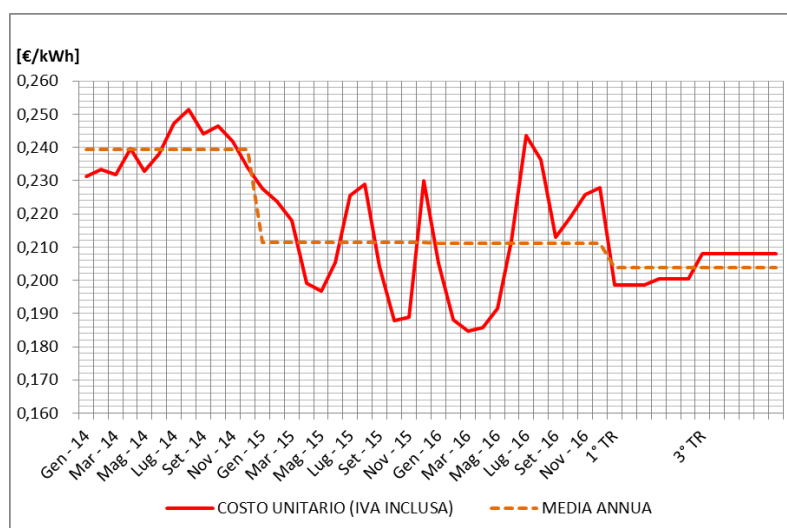
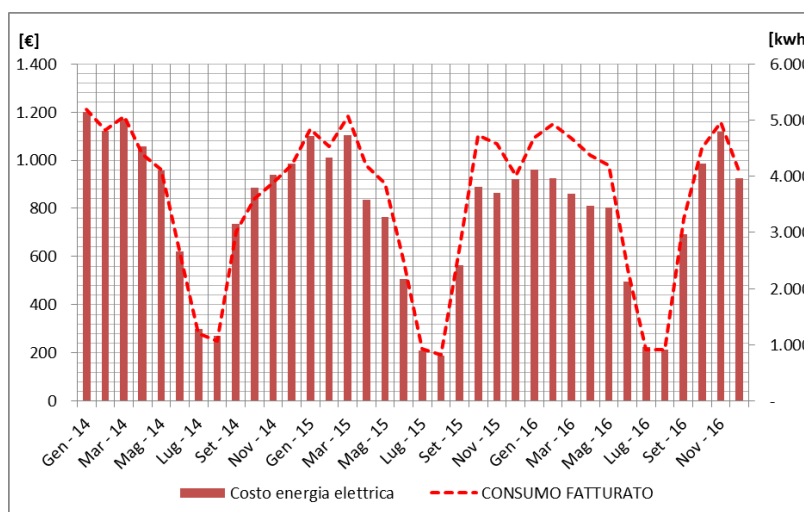


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che il costo unitario del vettore elettrico è in diminuzione nel triennio considerato e che subisce grandi oscillazioni, che dipendono fortemente dal POD 2 in cui i consumi sono contenuti e sono molto elevate le spese fisse di contratto.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

Nella Tabella 7.8 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati. I costi unitari sono IVA compresa.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori riportati nella Tabella 7.9 ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gasolio del 2014 è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l’anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati
- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l’anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria, riferiti ai “condomini uso domestico”.

Cu_Q è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del contatore per i PDR in esame, ciò al fine di riportare tali valori a condizioni simili a quelle del mercato libero a cui aderisce la Pubblica Amministrazione.

- Analogamente il costo unitario per l’energia elettrica è stato calcolato a partire dai costi trimestrali forniti da ARERA per il servizio di maggior tutela, riferiti al 2017 per “clienti non domestici”.

Il costo unitario così ricavato, è stato confrontato con il costo unitario ricavato dalla fatturazione per l’anno 2016. Poiché quest’ultimo risulta minore del CU_{EE} di ARERA, è stata applicata una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela in funzione della potenza disponibile e della potenza impegnata per i POD in esame.

Tabella 7.8 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO | VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | TOTALE |
|-------|-----------------|-------------|---------|-------------------|-------------|---------|-------------|
| | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [€] |
| 2014 | 242740 | € 26.370,45 | € 0,11 | 43188 | € 10.247,99 | € 0,24 | € 36.618,44 |
| 2015 | 465413 | € 42.229,33 | € 0,09 | 42794 | € 8.961,19 | € 0,21 | € 51.190,52 |
| 2016 | 189926 | € 16.196,91 | € 0,09 | 43778 | € 9.021,27 | € 0,21 | € 25.218,18 |
| Media | 299360 | € 28.265,56 | € 0,09 | 43253 | € 9.410,15 | € 0,22 | € 37.675,71 |

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.9.

Tabella 7.9 – 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 0,079 [€/kWh] |
| Costo unitario dell’energia elettrica | Valore relativo all’ultimo anno a disposizione | Cu _{EE} 0,204 [€/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:

- L1-042-144: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 23.521 €.

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi della manutenzione (C_M) sono stimati come segue:

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.10.

Tabella 7.10 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione | | Valore | U.M. |
|--|---|----------------|----------|
| Costo per la gestione e manutenzione ordinaria | Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere | C_{MO} 6.949 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | C_{MS} 1.847 | [€/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. In questo caso la spesa relativa alla componente gas metano è inserita all'interno della componente O&M.

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:

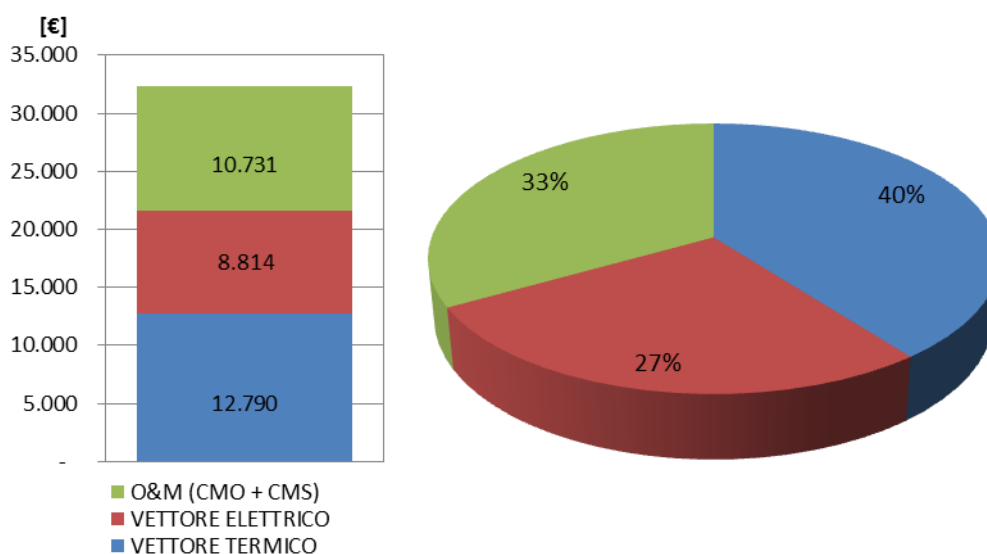
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 21.604 e un $C_{baseline}$ pari a € 32.335.

Tabella 7.11 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

| VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | | | TOTALE |
|-----------------|---------|--------|-------------------|-----------|----------|---------------------------|----------|----------|-------------|
| $Q_{baseline}$ | Cu_Q | C_Q | $EE_{baseline}$ | Cu_{EE} | C_{EE} | C_M | C_{MO} | C_{MS} | $CQ+CEE+CM$ |
| [kWh] | [€/kWh] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] |
| 161.715 | 0,079 | 12.790 | 43.254 | 0,204 | 8.814 | 10.731 | 8.477 | 2.253 | 32.335 |

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione murature interne

Generalità

La misura prevede la coibentazione dell'intradosso delle murature verticali disperdenti verso l'esterno al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali.

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia principale è costituita da muratura portante di spessore variabile da 28 cm a 100-120 cm.

Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO² in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, l'installazione di un cappotto interno rispetto alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di uno strato isolante e di una lastra in cartongesso intonacata, come finitura interna.

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con fibra di vetro, di adeguato spessore, al fine del raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico, il tutto simulato sul modello energetico costruito.

La valutazione delle migliori ottenibili è stata effettuata considerando l'installazione di uno strato di materiale isolante esternamente alle murature esistenti, di spessore tale da rispondere positivamente alla verifica delle trasmittanze limite imposte dal Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

E' indispensabile per tutti gli interventi dall'interno porre particolare attenzione alle verifiche termigrometriche e soprattutto alla condensa interstiziale.

La parete perimetrale infatti rimane fredda e quindi il rischio di condense negli strati freddi potrebbe aumentare, è indispensabile quindi verificare le condizioni termigrometriche e il flusso di vapore che attraversa la parete se è smaltito. Si consiglia comunque una barriera al vapore verso l'interno sulla faccia calda dell'isolante o sulle lastre di rivestimento.

E' fondamentale la corretta stuccatura dei giunti sulle lastre esterne per evitare possibili crepe o segnature nei punti di giunzione dei pannelli.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

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

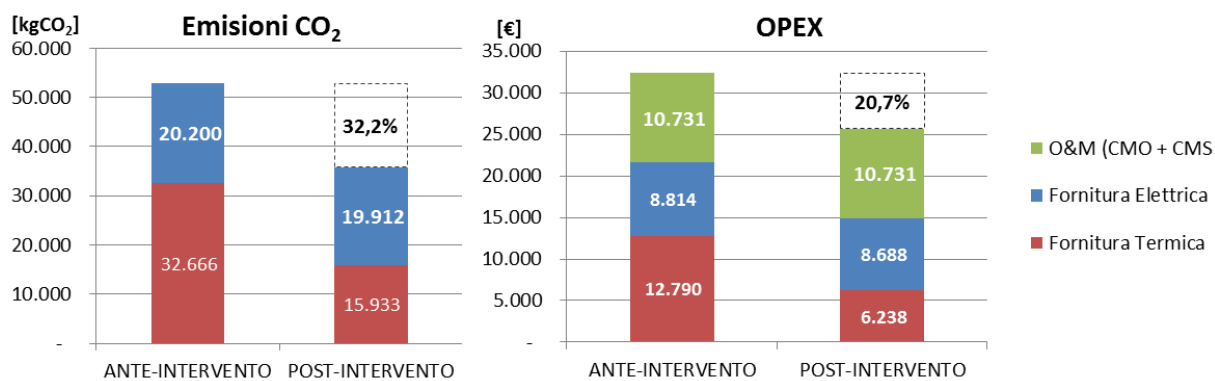
L'efficacia dell'intervento ha generato un notevole cambiamento di classe energetica rispetto allo stato di fatto, passando dalla classe G alla classe B.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione murature interne

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Trasmittanza media murature verticali | [W/mqK] | 1,415 | 0,344 | 75,7% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 161.461 | 78.752 | 51,2% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 44.000 | 43.373 | 1,4% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 161.715 | 78.876 | 51,2% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 43.254 | 42.638 | 1,4% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 32.666 | 15.933 | 51,2% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 20.200 | 19.912 | 1,4% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 52.866 | 35.845 | 32,2% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 12.790 | 6.238 | 51,2% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 8.814 | 8.688 | 1,4% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 21.604 | 14.927 | 30,9% |
| C _{MO} | [€] | 8.477 | 8.477 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 2.253 | 2.253 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 10.731 | 10.731 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 32.335 | 25.657 | 20,7% |
| Classe energetica | [-] | E | C | +2 CLASSI |

Nota (11) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

EEM2: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione del telaio e della parte vetrata degli infissi presenti con telaio in legno e vetro singolo presenti al piano terra, primo e secondo. Questo intervento ha l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, diminuendo le dispersioni termiche attraverso il componente, migliorare le condizioni di comfort interno e contenere i consumi energetici e le emissioni di CO₂ in ambiente.

Nella struttura sono però presenti anche infissi con telaio in pvc e vetrocamera, risalenti presumibilmente al 2001, di cui non si è valutata la sostituzione in quanto si trovano in discrete condizioni.

Contestualmente alla sostituzione dei serramenti è stata considerata l'installazione di un sistema di regolazione dotato di valvole termostatiche e pompa ad inverter, al fine di rientrare nel campo di applicazione del Conto Termico.

Figura 8.2 – Infissi esistenti con telaio in legno e vetro singolo

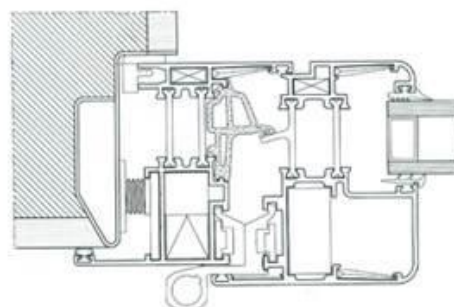


Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, la sostituzione dei componenti vetrati della struttura mediante l'installazione di vetri con telaio in legno massiccio con taglio termico e vetrocamera con gas inerte nell'intercapedine che conferisce caratteristiche basso emissive all'infisso. In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, la sostituzione dei serramenti con caratteristiche tecniche tali da consentire il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 1,67 W/mqK).

Inoltre, come richiesto dal Conto Termico, è stato inserito un sistema di controllo delle temperature dei singoli locali mediante valvole termostatiche installate sui terminali di emissione del calore e sostituita la pompa di circolazione dell'acqua calda del riscaldamento esistente con una pompa gemellare a giri variabili.

Figura 8.3 – Particolare infisso taglio termico



Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

È importante verificare in sede di installazione la corretta posa degli infissi e del vetrocemento nonché la tenuta all'aria e all'acqua. Inoltre occorre verificare la migliore risoluzione del ponte termico perimetrale dell'infisso stesso in sede di progettazione. Una soluzione potrebbe essere offerta dall'installazione di un controtelaio coibentato e successivamente sigillato.

Il miglioramento offerto da questo intervento aumenta se realizzato in sinergia con gli interventi di coibentazione dell'involucro opaco. Ai fini di una migliore verifica della corretta installazione e tenuta dei nuovi serramenti è possibile realizzare un blowerdoor test sull'edificio e ulteriori indagini termografiche.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

L'efficacia dell'intervento ha generato un cambiamento di classe energetica rispetto allo stato di fatto, passando dalla classe G alla classe F.

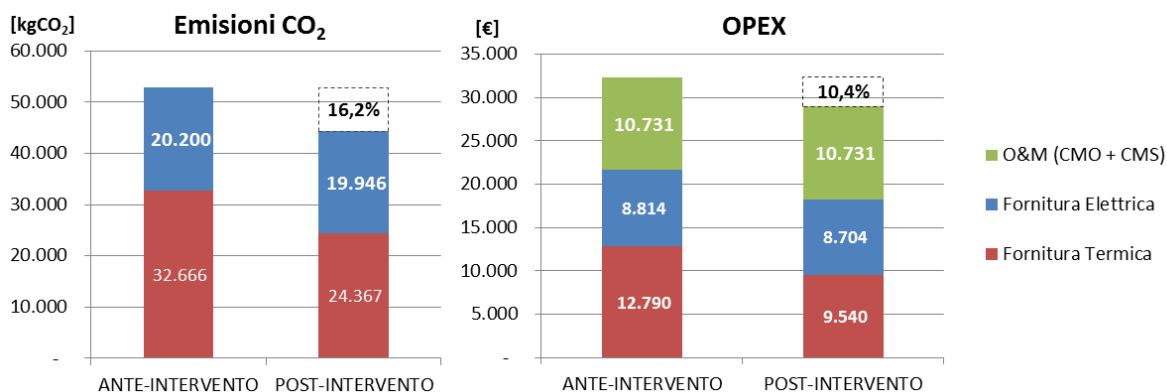
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione infissi ed installazione di valvole termostatiche

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Trasmittanza media infissi | [W/mqK] | 3,262 | 2,612 | 19,9% |
| Rendimento di regolazione | [%] | 78,7 | 98 | -24,5% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 161.461 | 120.438 | 25,4% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 44.000 | 43.448 | 1,3% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 161.715 | 120.628 | 25,4% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 43.254 | 42.711 | 1,3% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 32.666 | 24.367 | 25,4% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 20.200 | 19.946 | 1,3% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 52.866 | 44.313 | 16,2% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 12.790 | 9.540 | 25,4% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 8.814 | 8.704 | 1,3% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 21.604 | 18.244 | 15,6% |
| C _{MO} | [€] | 8.477 | 8.477 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 2.253 | 2.253 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 10.731 | 10.731 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 32.335 | 28.974 | 10,4% |
| Classe energetica | [-] | E | D | +1 CLASSE |

Nota (13) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

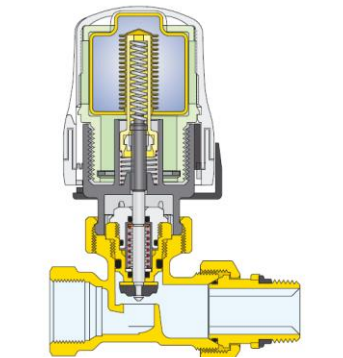
EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Generalità

Le valvole termostatiche sono un semplice dispositivo capace di regolare il flusso di un fluido grazie alla loro sensibilità alle variazioni di temperatura. Negli impianti di riscaldamento vengono montate sui radiatori per regolare il flusso d'acqua in base alla temperatura richiesta dall'ambiente allo scopo di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei locali a seconda delle necessità. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono significativi risparmi energetici.

Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'elettropompa di circolazione a giri variabili. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.

Figura 8.5 – Valvola termostatica



Caratteristiche funzionali e tecniche

Nel presente intervento si prevede l'installazione di una tecnologia di gestione e controllo automatico dell'impianto termico (sistema di *building automation*). Il sistema è infatti composto da

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio

a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa.

Con tale sistema è possibile eseguire una regolazione sufficientemente fine (regolazione per locale) anche su sistemi costituiti da un singolo circuito di distribuzione che serve zone termiche e locali con necessità di temperatura e di occupazione diverse, senza intervenire pesantemente sull'impianto idraulico, raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.

Figura 8.6 – Particolari sistema building automation



Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l'installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l'eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.7.

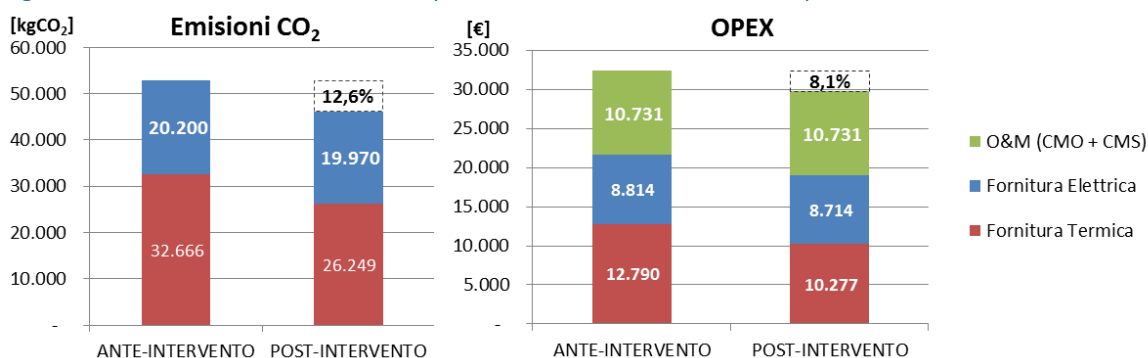
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Rendimento di regolazione | [%] | 78,7 | 98 | -24,5% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 161.461 | 129.740 | 19,6% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 44.000 | 43.499 | 1,1% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 161.715 | 129.944 | 19,6% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 43.254 | 42.761 | 1,1% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 32.666 | 26.249 | 19,6% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 20.200 | 19.970 | 1,1% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 52.866 | 46.218 | 12,6% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 12.790 | 10.277 | 19,6% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 8.814 | 8.714 | 1,1% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 21.604 | 18.991 | 12,1% |
| C _{MO} | [€] | 8.477 | 8.477 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 2.253 | 2.253 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 10.731 | 10.731 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 32.335 | 29.721 | 8,1% |
| Classe energetica | [-] | E | D | +1 CLASSI |

Nota (14) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM4: Sostituzione del generatore di calore

Generalità

L'attuale generatore di calore è alimentato a gas metano e risale al 1997. Nel 2014 la centrale termica esistente è stata convertita a metano. Si propone pertanto la sostituzione dell'attuale generatore di calore con una nuova caldaia a condensazione con bruciatore modulante dotato di certificazione Classe di rendimento 4 Stelle secondo dir. CEE 92/42 e D.P.R. 660.

L'intervento di ristrutturazione dell'impianto termico prevede l'installazione di una caldaia a condensazione modulante che permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo.

Parallelamente si migliora anche il sistema di regolazione della centrale termica e dei singoli locali, mediante la regolazione della temperatura di mandata del circuito di riscaldamento collegata ad una sonda climatica e valvole termostatiche sui terminali di emissione di calore.

Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, sia dalla migliore regolazione della temperatura ambiente e della distribuzione; con maggiore sicurezza ed affidabilità del sistema, con minori emissioni inquinanti in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento in oggetto si propone di ristrutturare l'impianto termico agendo su tre aspetti principali:

- sostituire la caldaia a alimentata a gas metano esistente di tipo tradizionale con un generatore a condensazione di ultima generazione, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell'edificio
- sostituire la pompa di alimentazione del circuito del riscaldamento con una adeguata pompa gemellare a giri variabili
- installare le valvole termostatiche esistenti sui terminali di emissione del calore.

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l'accesso all'incentivo da Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Prestazioni raggiungibili

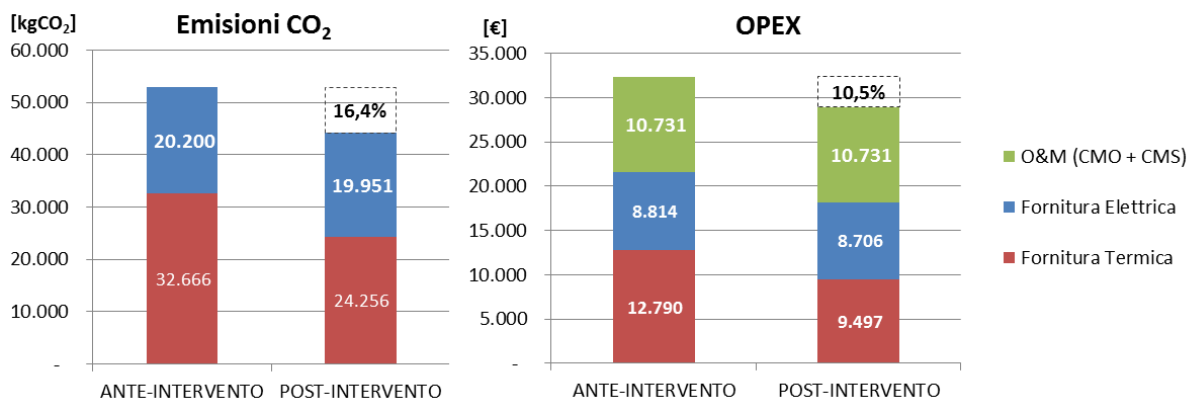
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.7.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione del generatore di calore

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Rendimento generazione | [%] | 88,5 | 95,9 | -8,4% |
| Rendimento di regolazione | [%] | 78,7 | 98 | -24,5% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 161.461 | 119.892 | 25,7% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 44.000 | 43.458 | 1,2% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 161.715 | 120.080 | 25,7% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 43.254 | 42.721 | 1,2% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 32.666 | 24.256 | 25,7% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 20.200 | 19.951 | 1,2% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 52.866 | 44.207 | 16,4% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 12.790 | 9.497 | 25,7% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 8.814 | 8.706 | 1,2% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 21.604 | 18.203 | 15,7% |
| C _{MO} | [€] | 8.477 | 8.477 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 2.253 | 2.253 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 10.731 | 10.731 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 32.335 | 28.933 | 10,5% |
| Classe energetica | [-] | E | D | +1 CLASSI |

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.8 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all'impianto di produzione di ACS in quanto un intervento di questa tipologia non risulta conveniente dal punto di vista economico. Dall'analisi svolta infatti, risulta che la produzione di ACS avviene per mezzo di boiler elettrici singoli posizionati in corrispondenza di alcuni servizi igienici dell'edificio scolastico. La parte consistente dell'ACS viene prodotta mediante una caldaia alimentata a gas metano posizionata in cucina. Questi consumi energetici occupano una percentuale di consumo molto ridotta, inferiore all'1% del consumo termico totale.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Sostituzione corpi illuminanti

Generalità

Il presente capitolo illustra la proposta di sostituire i corpi illuminanti presenti all'interno dei locali costituenti l'edificio con nuovi corpi illuminanti LED di nuova generazione ad alta efficienza.

Attualmente all'interno dell'edificio nella maggior parte dei locali sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo T8 con reattori ferromagnetici di varia potenza.

Ad un maggior costo iniziale per un determinato tipo di lampada, corrisponde un minor costo di gestione, dovuto a minori consumi e a una vita più lunga, una lampada LED ha infatti un'efficienza maggiore rispetto ad una tradizionale T8. Solo al piano quarto è stato fatto un intervento di efficientamento energetico mediante installazione di sensori di presenza nelle aule e nei corridoi.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I corpi illuminanti presenti sono di 5 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti han trovato le corrispondenze riporta nella seguente tabella.

Tabella 8.5 –Sostituzione corpi illuminanti

| Potenza [W] | Tipologia | Corrispondenza LED [W] |
|-------------|-----------|------------------------|
| 2X36 | Fluo T8 | 2x16 |
| 4x16 | FLuo T8 | 31 |
| 1X18 | Fluo T8 | 1X10 |
| 200W | Alogene | 94 |

Descrizione dei lavori

Verificare la compatibilità con la tipologia di lampadari presenti, sia a livello di potenza richiesta che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.9.

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione corpi illuminanti

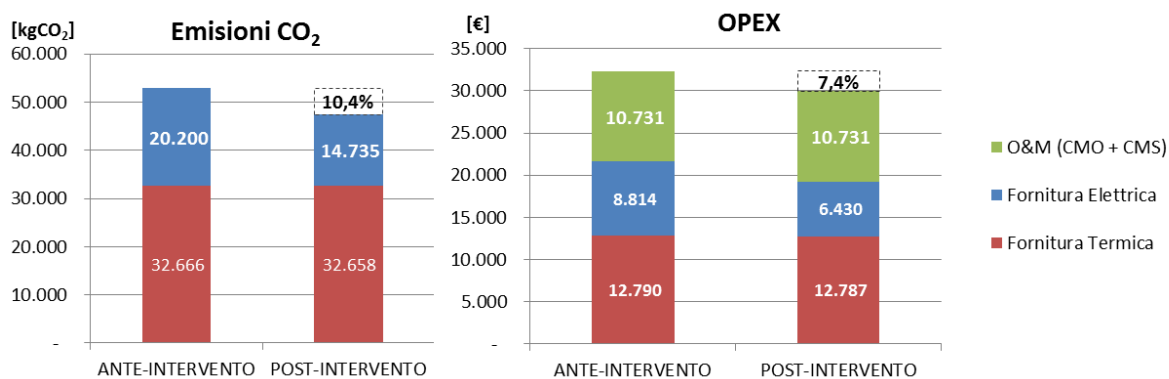
| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Potenza elettrica installata per illuminazione | [W] | 21560 | 10393 | 51,8% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 161.461 | 161.419 | 0,0% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 44.000 | 32.097 | 27,1% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 161.715 | 161.673 | 0,0% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 43.254 | 31.553 | 27,1% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 32.666 | 32.658 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 20.200 | 14.735 | 27,1% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 52.866 | 47.393 | 10,4% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 12.790 | 12.787 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 8.814 | 6.430 | 27,1% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 21.604 | 19.216 | 11,1% |

| | | | | |
|--|-----|---------------|---------------|-------------|
| C _{MO} | [€] | 8.477 | 8.477 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 2.253 | 2.253 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 10.731 | 10.731 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 32.335 | 29.947 | 7,4% |
| Classe energetica | [-] | E | E | = |

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079[€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – 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: Coibentazione murature interne

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle murature verticali. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati pari al 40% dell'importo totale dell'intervento.

Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario di progetto 59 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione murature interne

| CODICE PREZZARIO | 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] | [€] | [%] | [€] |
| 1C.06.550.0310.f | Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito. Conduttività termica dichiarata λ_D spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); Conduttività termica dichiarata λ_D spessori 60 ÷ 80 mm 0,034 W/m.K (lana di vetro); Conduttività termica dichiarata λ_D 0,025 W/m.K (lastra di gesso rivestito). Classe di reazione al fuoco spessori 20 ÷ 50 mm A2-s1,d0 Classe di reazione al fuoco spessori 60 ÷ 80 mm F Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ lana di vetro 1 Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ | Prezzario Milano | 2136,7 | mq | € 41,10 | € 37,36 | € 79.835 | 22% | € 97.399 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------------------|--------|----|-----------|-----------|----------------------|------------|----------------------|
| | lastra in gesso rivestito: 10 (campo secco), 4 (campo umido). Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro | | | | | | | | |
| 20.A90.B20.010 | Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani) | Prezzario Regione Liguria | 2136,7 | m2 | € 6,95 | € 6,32 | € 13.500 | 22% | € 16.470 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 2.800 | 22% | € 3.416 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 6.533 | 22% | € 7.971 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | | € 102.668 | 22% | € 125.255 |
| | Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 50.102 |
| | Durata incentivi | | | | | | | | € 5 |
| | Incentivo annuo | | | | | | | | € 10.020 |

EEM2: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi, contestualmente all'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa a giri variabili. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati pari al 40% dell'importo totale dell'intervento.

Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 450 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 592 €/mq
- Calcolo incentivo = 40%*450€/mq*mq infissi sostituiti.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione infissi ed installazione di valvole termostatiche

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO | PREZZO | TOTALE | IVA | TOTALE |
|----------------|---|----------|------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-----|------------------|
| | | | | UNITARIO PREZZARIO | UNITARIO SCONTATO | (IVA ESCLUSA) | IVA | (IVA INCLUSA) |
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [%] | [€] |
| 25.A05.H01.120 | Prezzario Regione Liguria | 141 | m2 | € 72,30 | € 65,73 | € 9.239 | 22% | € 11.271 |
| | Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno, compreso telaio a murare (misura minima 2,00 m ²) | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|-----|-----|------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| PR.A23.A20.010 | Finestra o portafinestra in legno 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 | 141 | m2 | € 301,07 | € 270,96 | € 38.087 | 22% | € 46.466 |
| PR.A23.B10.020 | Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno. | Prezziario Regione Liguria | 47 | m | € 7,59 | € 6,90 | € 327 | 22% | € 399 |
| 01.A15.A10.015 | Posa in opera di vetri di qualunque dimensione su telai metallici od in legno, misurati in opera sul minimo rettangolo circoscritto, incluso il compenso per lo sfrido del materiale | Prezziario Regione Piemonte | 141 | m2 | € 46,79 | € 42,11 | € 5.919 | 22% | € 7.221 |
| PR.C17.A15.010 | Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm | Prezziario Regione Liguria | 98 | cad | € 35,42 | € 32,20 | € 3.156 | 22% | € 3.850 |
| PR.C47.H10.145 | Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h | Prezziario Regione Liguria | 1 | cad | € 4.587,21 | € 4.170,19 | € 4.170 | 22% | € 5.088 |
| 40.E10.A10.030 | Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm | Prezziario Regione Liguria | 1 | cad | € 63,62 | € 57,84 | € 58 | 22% | € 71 |
| PR.E40.B05.210 | Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V | Prezziario Regione Liguria | 1 | cad | € 22,69 | € 20,63 | € 21 | 22% | € 25 |
| RU.M01.E01.020 | Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezziario Regione Liguria | 36 | h | € 31,88 | € 28,98 | € 1.034 | 22% | € 1.261 |
| | Costi per la sicurezza | | 3% | % | | | € 1.860 | 22% | € 2.270 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | | 7% | % | | | € 4.341 | 22% | € 5.296 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | | € 68.210 | 22% | € 83.217 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | | € 25.301 |
| Durata incentivi | | | | | | | | | € 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | | € 5.060 |

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di pompe gemellari ad inverter sul circuito dedicato al servizio di riscaldamento dell'edificio e valvole termostatiche per la regolazione ambiente della temperatura. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

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

Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

| | DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO | PREZZO | TOTALE | IVA | TOTALE |
|----------------|--|-------------------------------|----------|------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-----|------------------|
| | | | | | UNITARIO PREZZARIO | UNITARIO SCONTATO | (IVA ESCLUSA) | [%] | (IVA INCLUSA) |
| | | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [%] | [€] |
| PR.C17.A15.010 | Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm | Prezzario Regione Liguria | 98 | cad | € 35,42 | € 32,20 | € 3.156 | 22% | € 3.850 |
| PR.C47.H10.145 | Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 4.587,21 | € 4.170,19 | € 4.170 | 22% | € 5.088 |
| 40.E10.A10.030 | Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 63,62 | € 57,84 | € 58 | 22% | € 71 |
| PR.E40.B05.210 | 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 | € 21 | 22% | € 25 |
| PR.C74.C10.010 | Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 146,74 | € 133,40 | € 133 | 22% | € 163 |
| RU.M01.E01.020 | Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 36 | h | € 31,88 | € 28,98 | € 1.034 | 22% | € 1.261 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 257 | 22% | € 314 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 600 | 22% | € 732 |

| | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------|------------|---------------|
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | € | 22% | € |
| | | 9.428 | | 11.503 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | € |
| | | | | 4.601 |
| Durata incentivi | | | | € |
| | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | € |
| | | | | 920 |

EEM4: Sostituzione del generatore di calore

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione del generatore di calore esistente con un generatore di calore a condensazione alimentato a gas metano. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

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

Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
- Costo unitario valutato per l'intervento: 56 €/kWt

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – sostituzione del generatore di calore

| | DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO | PREZZO | TOTALE | IVA | TOTALE |
|----------------|--|-------------------------------|----------|------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------|
| | | | | | UNITARIO PREZZARIO | UNITARIO SCONTATO | (IVA ESCLUSA) | (IVA INCLUSA) | |
| | | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [%] | [€] |
| PR.C76.B10.045 | Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 525 Kw circa | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 26.754,75 | € 24.322,50 | € 24.323 | 22% | € 29.673 |
| PR.C84.C05.515 | 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 | € 212 | 22% | € 258 |

| | | | | | | | | | |
|----------------|--|---------------------------|----|-----|------------|------------|---------|-----|---------|
| 40.C10.B10.130 | 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 351 Kw a 700 Kw | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 461,09 | € 419,17 | € 419 | 22% | € 511 |
| PR.C76.A30.020 | Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m | Prezzario Regione Liguria | 4 | cad | € 21,13 | € 19,21 | € 77 | 22% | € 94 |
| PR.C76.A30.015 | Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 28,46 | € 25,87 | € 26 | 22% | € 32 |
| 40.F10.H10.030 | Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 120,60 | € 109,64 | € 110 | 22% | € 134 |
| 40.F10.H10.040 | Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 29,71 | € 27,01 | € 27 | 22% | € 33 |
| PR.C74.C10.010 | Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 146,74 | € 133,40 | € 133 | 22% | € 163 |
| PR.C74.E05.030 | Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 76,47 | € 69,52 | € 70 | 22% | € 85 |
| PR.C17.A15.010 | Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm | Prezzario Regione Liguria | 98 | cad | € 35,42 | € 32,20 | € 3.156 | 22% | € 3.850 |
| PR.C47.H10.145 | Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 4.587,21 | € 4.170,19 | € 4.170 | 22% | € 5.088 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------------|-----|------|-------------|-------------|---------------------|------------|---------------------|
| 40.E10.A10.030 | Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 63,62 | € 57,84 | € 58 | 22% | € 71 |
| PR.E40.B05.210 | 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 | € 21 | 22% | € 25 |
| PR.C74.C10.010 | Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 146,74 | € 133,40 | € 133 | 22% | € 163 |
| RU.M01.E01.020 | Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 36 | h | € 31,88 | € 28,98 | € 1.034 | 22% | € 1.261 |
| RU.M01.A01.030 | Opere edili Operaio Qualificato | Prezzario Regione Liguria | 20 | h | € 34,41 | € 31,28 | € 626 | 22% | € 763 |
| RU.M01.E01.020 | Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 40 | h | € 31,88 | € 28,98 | € 1.159 | 22% | € 1.414 |
| 20.A15.B10.015 | Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km. | Prezzario Regione Liguria | 100 | m³km | € 4,72 | € 4,29 | € 429 | 22% | € 523 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 1.085 | 22% | € 1.324 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 2.533 | 22% | € 3.090 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | | € 39.799 | 22% | € 48.555 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | | € 19.422 |
| Durata incentivi | | | | | | | | | € 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | | € 3.884 |

EEM5: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

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

Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 14 €/mq

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti

| | DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO | | TOTALE | IVA | TOTALE |
|------------------|--|-------------------------------|----------|------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|----------|
| | | | | | UNITARIO PREZZARIO | UNITARIO SCONTATO | (IVA ESCLUSA) | (IVA INCLUSA) | |
| | | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [%] | [€] |
| 1E.06.060.0210.a | Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10W | Prezzario Milano | 37 | cad | € 23,61 | € 21,46 | € 794 | 22% | € 969 |
| 1E.06.060.0210.c | Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w | Prezzario Milano | 484 | cad | € 34,69 | € 31,54 | € 15.264 | 22% | € 18.622 |
| 1E.06.060.0040.b | Proiettore orientabile da esterno / interno idoneo per impianti sportivi. Prodotto in conformità alle norme EN 60598 CEI 34-21, grado di protezione in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e telaio in alluminio pressofuso con sistemi alettati di raffreddamento, diffusore in vetro temperato spessore 5 mm resistente agli shock termici ed agli urti, verniciatura a polvere poliestere resistente alla corrosione e alle nebbie saline, completo di staffa in acciaio inox con scala goniometrica orientabile zincata e verniciata - ottica ad alto rendimento con recuperatori di flusso - grado di protezione IP66- IK08 - equipaggiato con | Prezzario Milano | 16 | cad | € 525,01 | € 477,28 | € 7.637 | 122% | € 9.317 |

| | | | | | | | | | |
|------------------|--|-----------------------------|----|------|----------|----------|---------------------|------------|---------------------|
| | lampade led 4000K 12800 Lm potenza 94 w | | | | | | | | |
| 1E.06.060.0120.b | Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento I e grado di protezione IP40 - IK06 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e cornice stampato in policarbonato bianco infrangibile ed autoestingente, diffusore estruso in tecnopolimero opale ad alta trasmittanza, completa di sistema dimmer; equipaggiata con lampada led 4000K 3700 lm potenza 31 w, modulo da: 600 mm x 600 mm | Prezzario Milano | 25 | cad. | € 246,63 | € 224,21 | € 5.605 | 22% | € 6.838 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 879 | 22% | € 1.072 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 2.051 | 22% | € 2.502 |
| | TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 32.229 | 22% | € 39.320 |
| | Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 15.728 |
| | Durata incentivi | | | | | | | | € 5 |
| | Incentivo annuo | | | | | | | | € 3.146 |

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

- 1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione murature interne

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione murature interne

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|---------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 125.255 |
| 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 | 10.020 |
| Durata incentivo | n_b | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 17,4 | 9,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 29,0 | 14,7 |
| Valore attuale netto | VAN | 90 | 44.699 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 4,0% | 7,9% |
| Indice di profitto | IP | 0,00 | 0,36 |

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

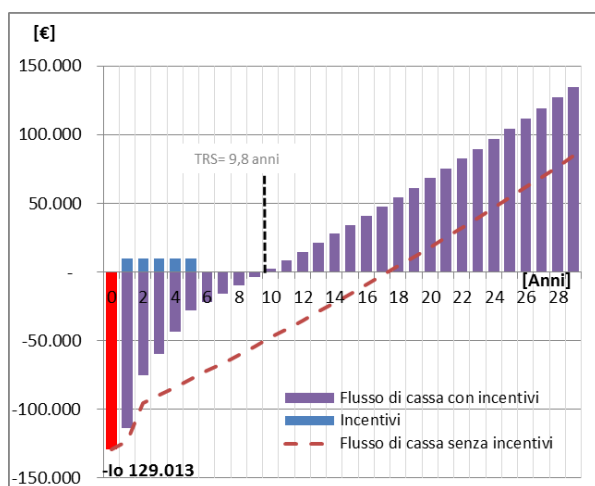
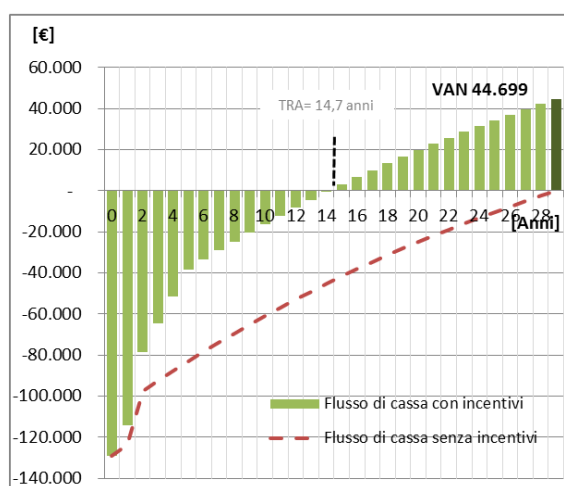


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 17 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 10 anni, rendendo conveniente l'EEM1.

EEM2: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione infissi ed installazione valvole termostatiche

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 83.217 |
| 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 | 5.060 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 22,3 | 15,0 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 37,6 | 25,6 |
| Valore attuale netto | VAN | - 17.381 | 5.146 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 2,0% | 4,7% |
| Indice di profitto | IP | -0,21 | 0,06 |

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

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

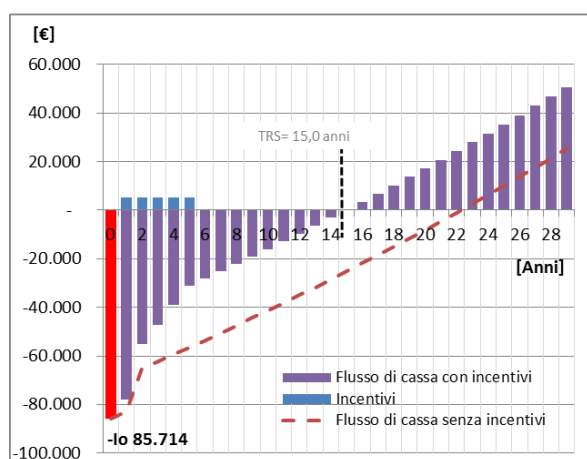
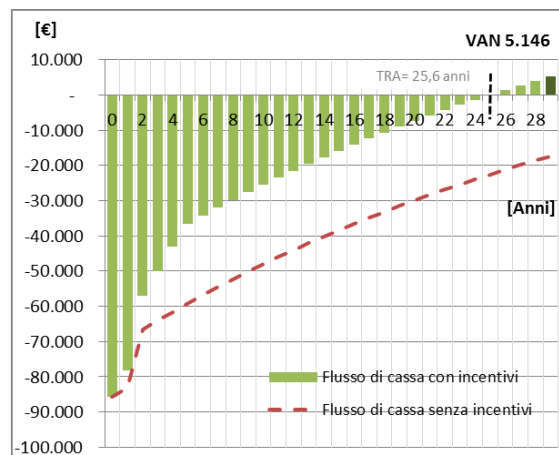


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 22 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a 15, rendendo conveniente l'EEM2.

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------|------------------------|--------|--------|
| Investimento Iniziale | Io | € | 11.503 |
| Oneri Finanziari %Io | 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 | 920 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|------------|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 4,5 | 3,2 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 5,2 | 3,6 |
| Valore attuale netto | VAN | 14.660 | 18.757 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 20,1% | 26,6% |
| Indice di profitto | IP | 1,27 | 1,63 |

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

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

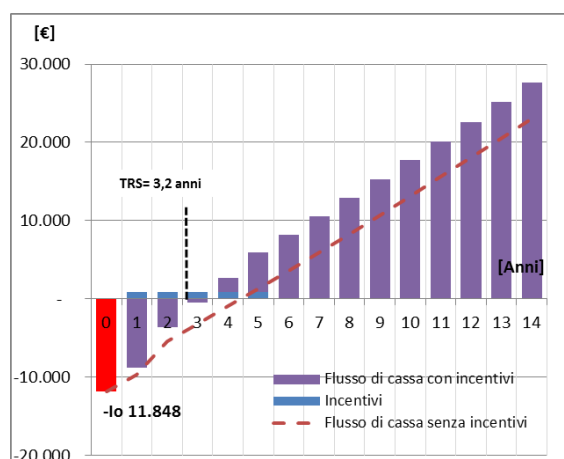
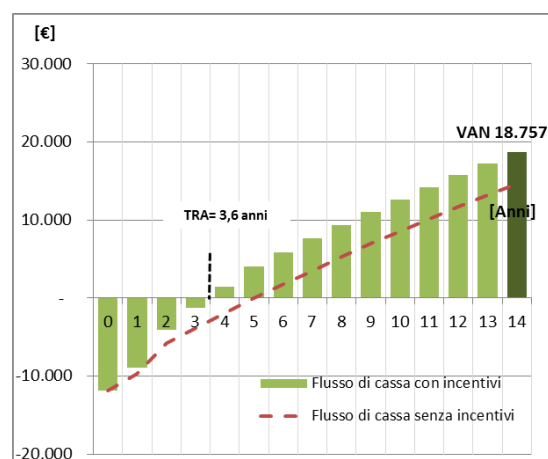


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 4,5 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Indipendentemente dall'incentivo l'intervento EEM3 risulta molto vantaggioso.

EEM4: Sostituzione del generatore di calore

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione del generatore di calore

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 48.555 |
| 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 | 3.884 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 13,6 | 7,7 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 18,7 | 10,7 |
| Valore attuale netto | VAN | - 9.908 | 7.385 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 0,4% | 7,0% |
| Indice di profitto | IP | -0,20 | 0,15 |

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

Figura 9.7 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

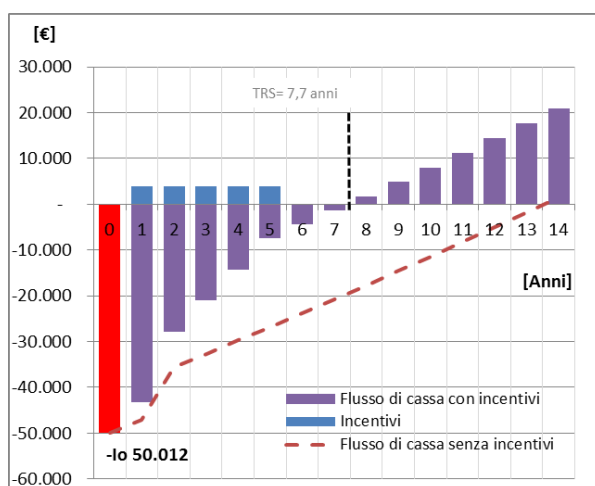
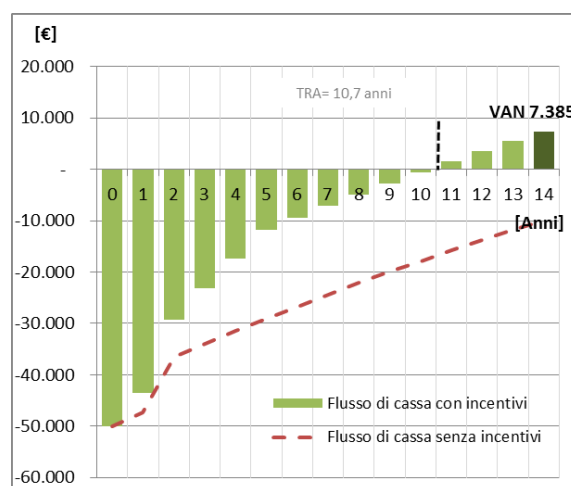


Figura 9.8 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi di circa 14 anni, su un tempo di vita utile dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 8, rendendo conveniente l'EEM5.

EEM5: Sostituzione corpi illuminanti

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5–Sostituzione corpi illuminanti

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € 39.320 |
| 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 3.146 |
| Durata incentivo | n_B | anni 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] 3,5% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 16,4 | 8,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 20,9 | 12,6 |
| Valore attuale netto | VAN | - 11.475 | 2.529 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -1,3% | 5,3% |
| Indice di profitto | IP | -0,29 | 0,06 |

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

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

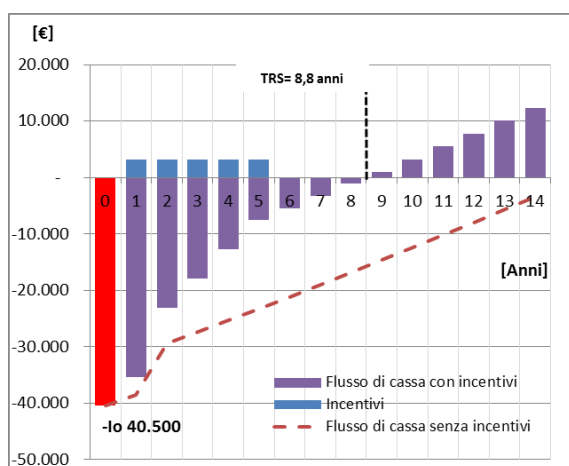
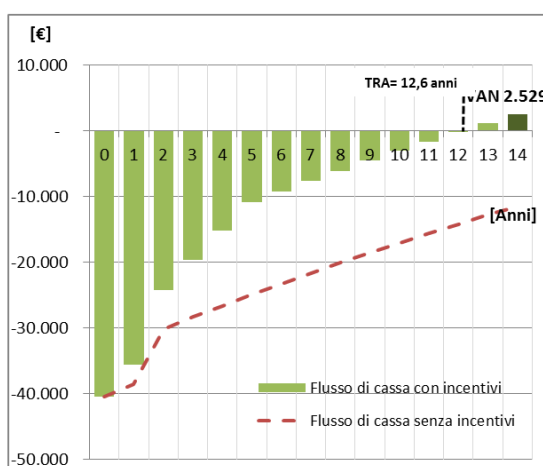


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è superiore ai 15 anni, su un tempo di vita utile dell'intervento stimato essere di 15 anni, visto il numero di ore di vita di una lampada LED se confrontata con le ore annuali stimato di accensione dei corpi illuminanti della scuola in oggetto. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 9, rendendo ugualmente conveniente l'EEM5.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.11 e Tabella 9.12.

Tabella 9.11 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

| SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|-----------|--------|-------|
| | % ΔE | % ΔCO_2 | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/y] | [€/y] | [€/y] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM1 | 30,91% | 32,20% | € 6.677 | € - | € - | € 125.255 | 17,4 | 29,0 | 30 | € 90 | 4,01% | 0,00 |
| EEM2 | 15,55% | 16,18% | € 3.360 | € - | € - | € 83.217 | 22,3 | 37,6 | 30 | -€ 17.381 | 1,99% | -0,21 |
| EEM3 | 12,10% | 12,57% | € 2.613 | € - | € - | € 11.503 | 4,5 | 5,2 | 15 | € 14.660 | 20,14% | 1,27 |
| EEM4 | 15,74% | 16,38% | € 3.401 | € - | € - | € 48.555 | 13,6 | 18,7 | 15 | -€ 9.908 | 0,44% | -0,20 |
| EEM5 | 11,05% | 10,35% | € 2.388 | € - | € - | € 39.320 | 16,4 | 20,9 | 15 | -€ 11.475 | -1,30% | -0,29 |

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

- % ΔE è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % ΔCO_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;

Tabella 9.12 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|----------|--------|------|
| | % ΔE | % ΔCO_2 | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM1 | 30,91% | 32,20% | € 6.677 | € - | € - | € 125.255 | 9,8 | 14,7 | 30 | € 44.699 | 7,94% | 0,36 |
| EEM2 | 15,55% | 16,18% | € 3.360 | € - | € - | € 83.217 | 15,0 | 25,6 | 30 | € 5.146 | 4,70% | 0,06 |
| EEM3 | 12,10% | 12,57% | € 2.613 | € - | € - | € 11.503 | 3,2 | 3,6 | 15 | € 18.757 | 26,62% | 1,63 |
| EEM4 | 15,74% | 16,38% | € 3.401 | € - | € - | € 48.555 | 9,8 | 14,7 | 15 | € 44.699 | 7,94% | 0,36 |
| EEM5 | 11,05% | 10,35% | € 2.388 | € - | € - | € 39.320 | 8,8 | 12,6 | 15 | € 2.529 | 5,31% | 0,06 |

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, quando possibile.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- 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: SCN1** – Tale scenario nell’installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter, la sostituzione del generatore di calore e la sostituzione dei corpi illuminanti.
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella sostituzione degli infissi con telaio in legno e vetro singolo e la coibentazione delle murature verticali, oltre che tutte gli interventi previsti nello SCN1.

9.3.1 Scenario 1: <15 ANNI

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

- Installazione valvole termostatiche e pompe di circolazione a giri variabili,
- Sostituzione del generatore di calore,
- Sostituzione dei corpi illuminanti.

Il budget per l’intervento della sostituzione del generatore di calore non comprende quello per l’installazione delle valvole termostatiche e della pompa a giri variabili, in quanto computati come intervento singolo dal punto di vista economico.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l’installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - Costo unitario valutato per l’intervento: 4 €/mq
- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - Costo unitario valutato per l’intervento: 56 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l’illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
 - Costo unitario valutato per l’intervento: 14 €/mq

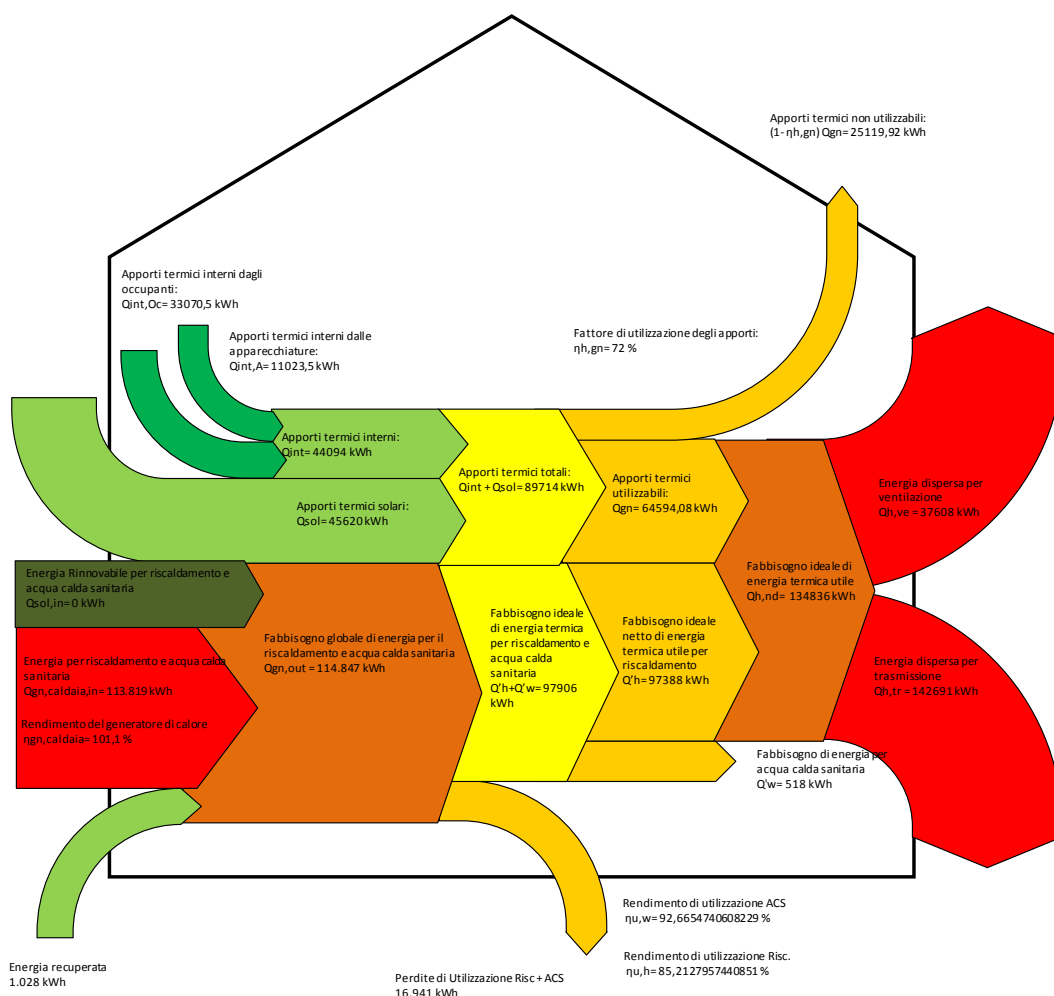
Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE | IVA Al 22% | TOTALE |
|--|---------------|------------|---------------|
| | (IVA ESCLUSA) | | (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili | € 8.571 | € 1.886 | € 10.457 |
| EEM4: Sostituzione del generatore di calore | € 27.610 | € 6.074 | € 33.684 |
| EEM5 – Sostituzione corpi illuminanti | € 29.299 | € 6.446 | € 35.745 |
| EEM3 - Costi per la sicurezza | € 257 | € 57 | € 314 |
| EEM4 - Costi per la sicurezza | € 828 | € 182 | € 1.011 |
| EEM5 - Costi per la sicurezza | € 879 | € 193 | € 1.072 |
| EEM3 -Costi per la progettazione | € 600 | € 132 | € 732 |
| EEM4 -Costi per la progettazione | € 1.933 | € 425 | € 2.358 |
| EEM5 - Costi per la progettazione | € 2.051 | € 451 | € 2.502 |

| TOTALE (I ₀) | € | € | € |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| | 72.028 | 15.846 | 87.875 |
| VOCE MANUTENZIONE | CMO (IVA INCLUSA) | CMS (IVA INCLUSA) | CM (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM3 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| EEM4 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| EEM5 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| TOTALE (C _M) | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | [€] |
| Incentivi | Conto termico | | € 35.150 |
| Durata incentivi | | | € 5 |
| Incentivo annuo | | | € 7.030 |

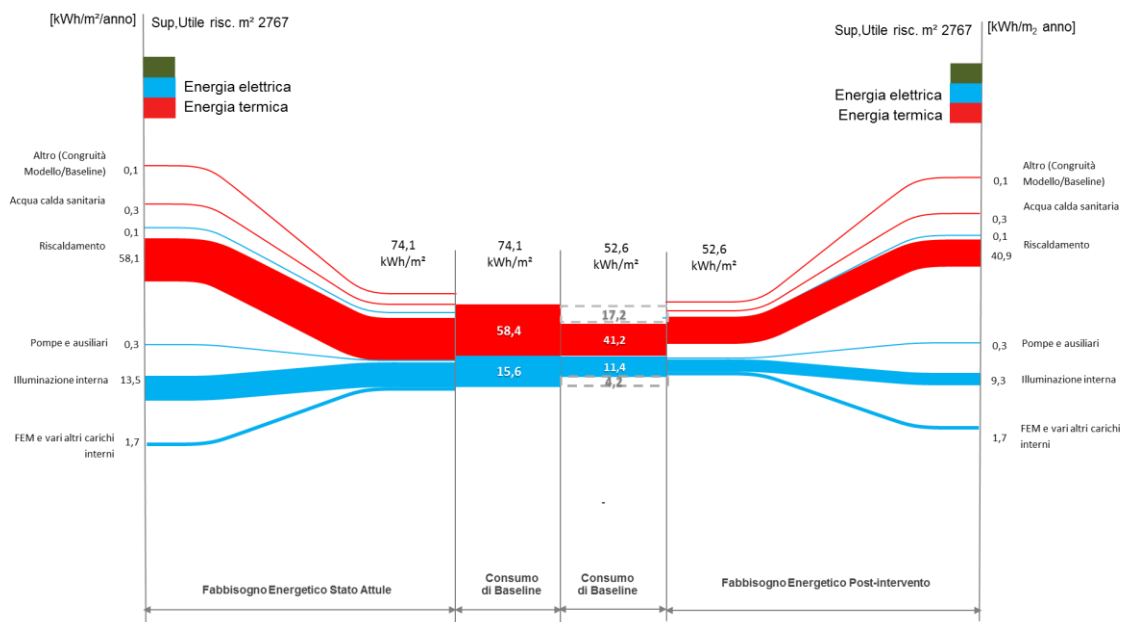
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – 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 è diminuita l’energia primaria in ingresso all’impianto termico. È aumentato il rendimento termico del generatore di calore, mentre i fabbisogni termici per la produzione di ACS rimangono invariati.

Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 1 classe energetica, passando dalla classe E dello stato di fatto alla classe D.

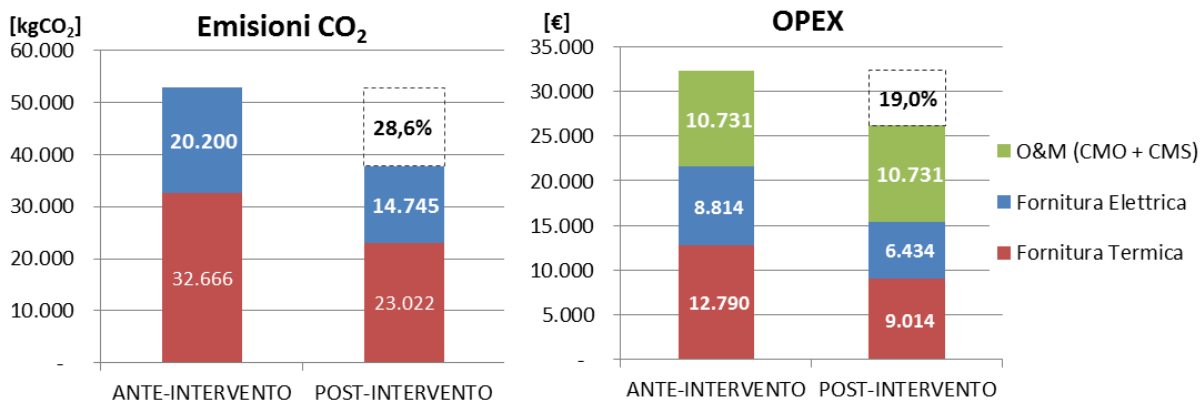
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Rendimento di regolazione | [%] | 78,7 | 98 | -24,5% |
| Potenza elettrica installata per illuminazione | [W] | 21560 | 10393 | 51,8% |
| Rendimento generazione | [%] | 88,5 | 95,9 | -8,4% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 161.461 | 113.790 | 29,5% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 44.000 | 32.119 | 27,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 161.715 | 113.969 | 29,5% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 43.254 | 31.574 | 27,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 32.666 | 23.022 | 29,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 20.200 | 14.745 | 27,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 52.866 | 37.767 | 28,6% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 12.790 | 9.014 | 29,5% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 8.814 | 6.434 | 27,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 21.604 | 15.448 | 28,5% |
| C _{MO} | [€] | 8.477 | 8.477 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 2.253 | 2.253 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 10.731 | 10.731 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 32.335 | 26.178 | 19,0% |

Classe energetica [-] E D +1 CLASSE

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

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


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI FINANZIARI | | | |
|--|----------------|---|---------------|
| Anni Costruzione | n_i | | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | | 14 |
| Anni Concessione | n | | 15 |
| Anno inizio Concessione | n_0 | | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{CDP} | | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$ | $k_{progetto}$ | | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | | 14 |
| Anni Equity | n_E | | 14 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | Io | € | 87.875 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | $\%Of$ | | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € | 2.636 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € | 90.511 |
| %CAPEX a Debito | D | | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | | 20,00% |
| Debito | I_D | € | 72.409 |

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|---|--------------|
| Equity | I_E | € | 18.102 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | | 10,83 |
| Rata annua debito | q_D | € | 6.685 |
| Costo finanziamento, $(D+INT_D)$ | $q_D * n_D$ | € | 93.586 |
| Costi per interessi debito, INT_D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € | 21.177 |

Tabella 9.16 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI ECONOMICI | | | |
|---|----------------------|----|----------------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{ED} | € | 17.708 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{MO} | € | 8.796 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | € | 26.504 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € | - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | $\% \Delta C_E$ | | 28,5% |
| Riduzione% costi O&M | $\% \Delta C_M$ | | 0,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | $\% C_{Baseline}$ | | 0,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 18,4% | € | 3.505 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € | - |
| Risparmio PA durante la concessione | 9% | € | 37.613 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € | 6.039 |
| N° di Canoni annuali | anni | | 14 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | | -12,84% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | -€ | 830 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € | 1.513 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € | 2.822 |
| Canone O&M €/anno | CnM | € | 9.133 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € | 13.866 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € | 22.999 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € | 3.505 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € | 26.504 |
| Aliquota IVA % | IVA | | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € | 15.846 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € | 35.150 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | | 2022 |

Tabella 9.17 – 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. | | 11,07 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 20,56 |
| Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$ | VAN > 0 | -€ | 6.744 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | | 2,19% |
| Indice di Profitto | IP | | -7,67% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni | T.R.S. | | 2,65 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 3,18 |
| Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$ | VAN > 0 | -€ | 992 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | | 11,74% |

| | | |
|------------------------------|----------------------|---------------|
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 1,085 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 0,483 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | -1,13% |

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

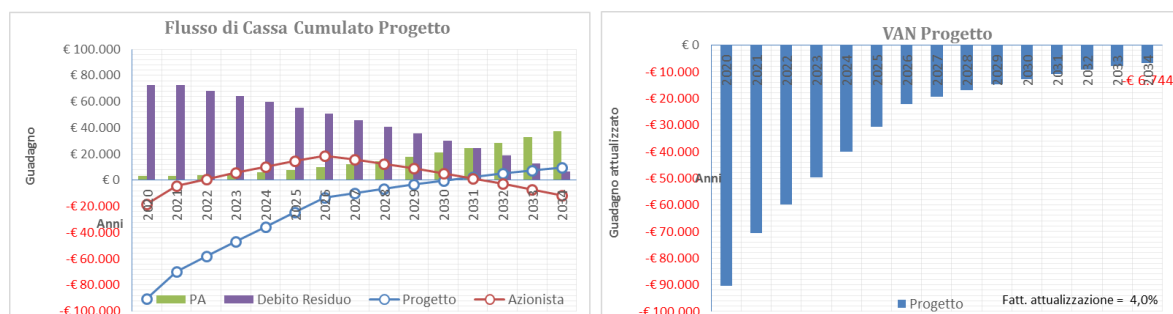
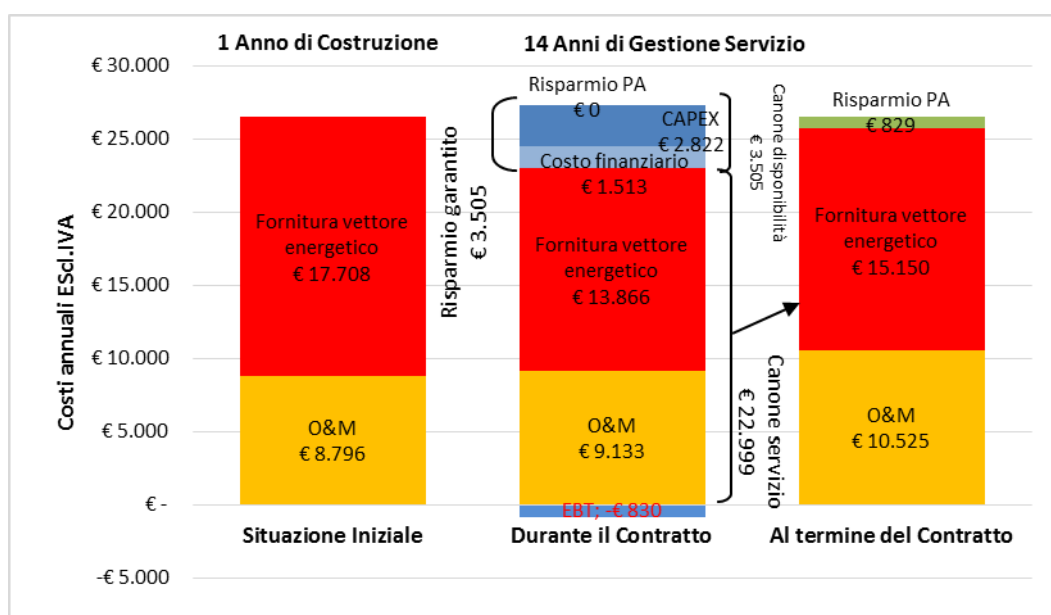


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.16 – 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:

- Installazione valvole termostatiche e pompe di circolazione a giri variabili,
- Sostituzione del generatore di calore,
- Sostituzione dei corpi illuminanti,
- Coibentazione murature verticali
- Sostituzione infissi.

Nel budget della sostituzione degli infissi e della sostituzione del generatore di calore non è compreso quello per l'installazione delle valvole termostatiche e pompe di circolazione a giri variabili, in quanto inserito singolarmente come intervento.

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

- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 4 €/mq
- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 56 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - o Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 14 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq
- Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 59 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 66 €/mq
- Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)
 - o Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - o Costo massimo ammissibile = 450 €/mq
 - o Costo unitario valutato per l'intervento: 592 €/mq
 - o Calcolo incentivo = 55%*450€/mq*mq infissi sostituiti.

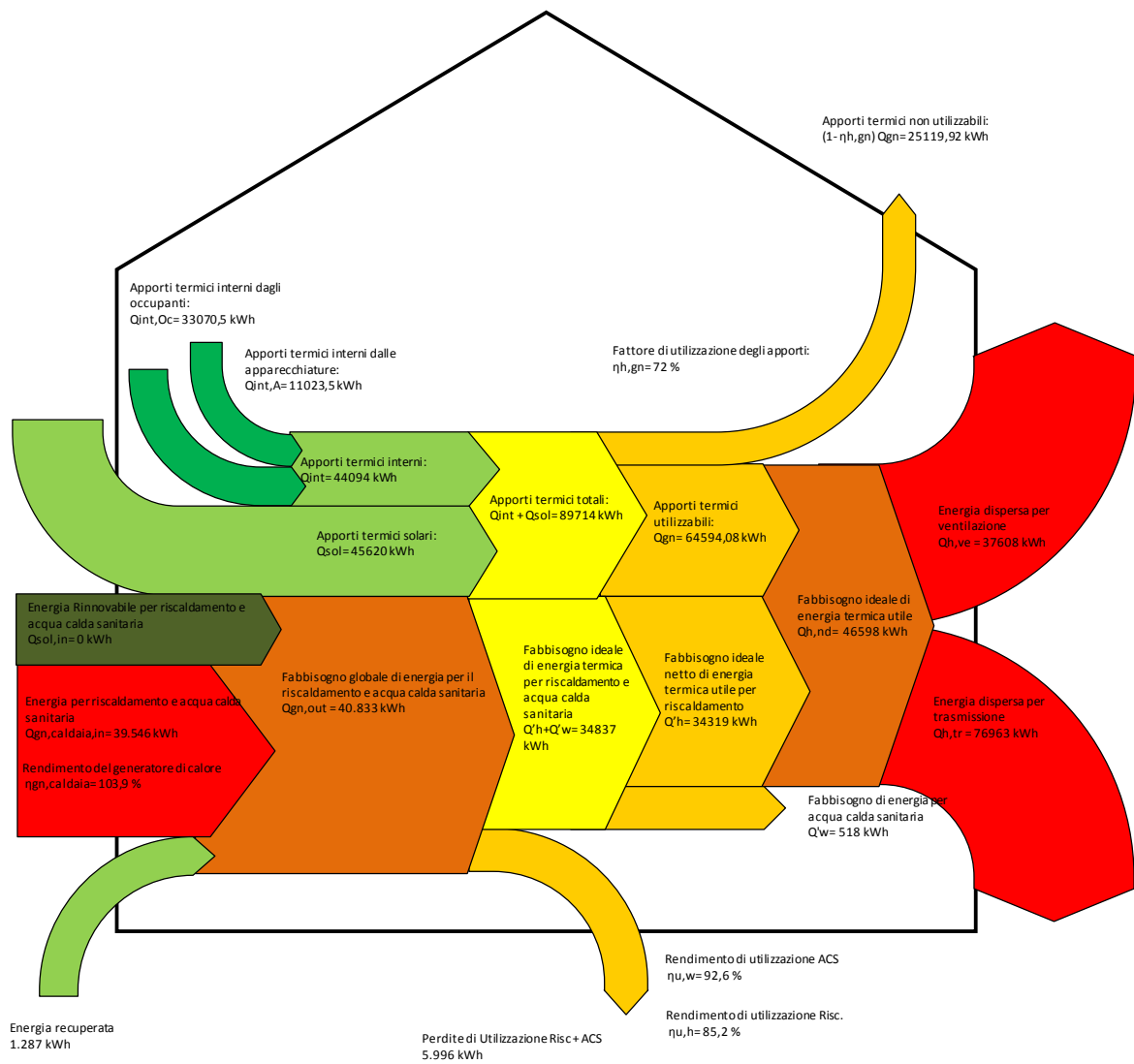
Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE | IVA Al 22% | TOTALE |
|---|---------------|------------|---------------|
| | (IVA ESCLUSA) | | (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 - Coibentazione murature verticali | 93.335 | 20.534 | 113.869 |
| EEM2 - Sostituzione infissi | 53.572 | 11.786 | 65.357 |
| EEM3 - Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili | 8.571 | 1.886 | 10.457 |
| EEM4 - Sostituzione generatore di calore | 27.610 | 6.074 | 33.684 |
| EEM5 - Sostituzione corpi illuminanti | 29.299 | 6.446 | 35.745 |
| EEM1 - Costi per la sicurezza | | | |

| | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 2.800 | 616 | 3.416 |
| EEM2 - Costi per la sicurezza | € 1.607 | € 354 | € 1.961 |
| EEM3 - Costi per la sicurezza | € 257 | € 57 | € 314 |
| EEM4 - Costi per la sicurezza | € 828 | € 182 | € 1.011 |
| EEM5 - Costi per la sicurezza | € 879 | € 193 | € 1.072 |
| EEM1 -Costi per la progettazione | € 6.533 | € 1.437 | € 7.971 |
| EEM2 -Costi per la progettazione | € 3.750 | € 825 | € 4.575 |
| EEM3 -Costi per la progettazione | € 600 | € 132 | € 732 |
| EEM4 -Costi per la progettazione | € 1.933 | € 425 | € 2.358 |
| EEM5 - Costi per la progettazione | € 2.051 | € 451 | € 2.502 |
| TOTALE (I₀) | € 233.626 | € 51.398 | € 285.023 |
| VOCE MANUTENZIONE | C_{MO} | C_{MS} | C_M |
| | (IVA INCLUSA) | (IVA INCLUSA) | (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| EEM2 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| EEM3 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| EEM4 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| EEM5 O&M | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| TOTALE (C_M) | Come pre - intervento | Come pre - intervento | Come pre - intervento |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE | |
| | | (IVA INCLUSA) | |
| | | | [€] |
| Incentivi | Conto termico | | € 146.221 |
| Durata incentivi | | | € 5 |
| Incentivo annuo | | | € 29.244 |

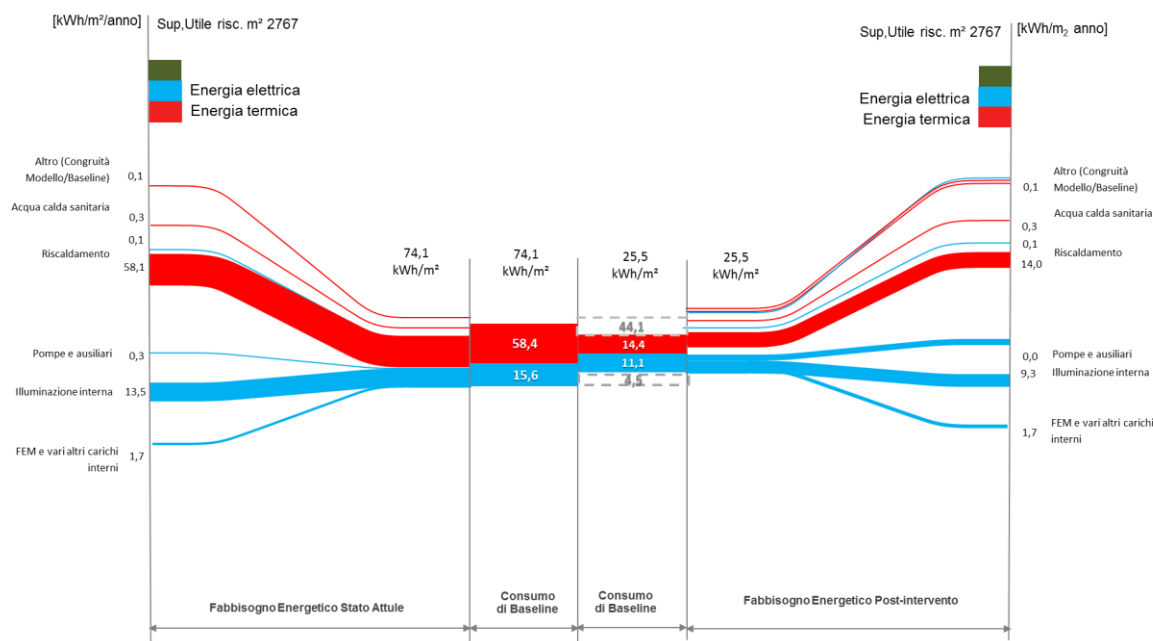
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – 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 l'energia termica persa per trasmissione è diminuita rispetto allo stato di fatto, come anche l'energia primaria in ingresso all'impianto termico.

Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19e nella Figura 9.19. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 3 classi energetiche, passando dalla classe E dello stato di fatto alla classe B.

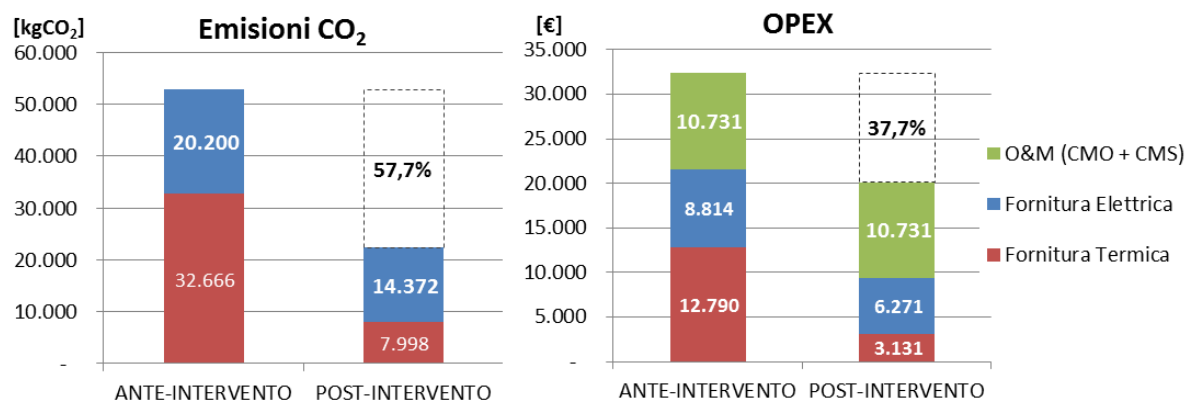
Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Rendimento di regolazione | [%] | 78,7 | 98 | -24,5% |
| Potenza elettrica installata per illuminazione | [W] | 21560 | 10393 | 51,8% |
| Rendimento generazione | [%] | 88,5 | 95,9 | -8,4% |
| Trasmittanza media infissi | [W/mqK] | 3,262 | 2,612 | 19,9% |
| Trasmittanza media pareti verticali | [W/mqK] | 1,415 | 0,344 | 75,7% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 161.461 | 39.530 | 75,5% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 44.000 | 31.306 | 28,9% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 161.715 | 39.592 | 75,5% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 43.254 | 30.775 | 28,9% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 32.666 | 7.998 | 75,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 20.200 | 14.372 | 28,9% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 52.866 | 22.370 | 57,7% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 12.790 | 3.131 | 75,5% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 8.814 | 6.271 | 28,9% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 21.604 | 9.403 | 56,5% |
| C _{MO} | [€] | 8.477 | 8.477 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 2.253 | 2.253 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 10.731 | 10.731 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 32.335 | 20.133 | 37,7% |
| Classe energetica | [-] | E | B | +3 CLASSI |

Nota (18) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.19 – 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 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|--|----------------|--------------|
| Anni Costruzione | n_i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 24 |
| Anni Concessione | n | 25 |
| Anno inizio Concessione | n_0 | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{CDP} | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$ | $k_{progetto}$ | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 24 |
| Anni Equity | n_E | 24 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_0 | € 285.023,00 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 8.551 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € 293.574 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | € 234.859 |
| Equity | I_E | € 58.715 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 15,70 |
| Rata annua debito | q_D | € 14.958 |
| Costo finanziamento,(D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € 358.997 |

| | | | |
|--|-------------------------|---|---------|
| Costi per interessi debito, INT _D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € | 124.138 |
|--|-------------------------|---|---------|

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI ECONOMICI | | | |
|---|-------------------|----|----------------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{E0} | € | 17.708 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{M0} | € | 8.796 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | € | 26.504 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € | - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | $\% \Delta C_E$ | | 56,5% |
| Riduzione% costi O&M | $\% \Delta C_M$ | | 0,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | $\% C_{Baseline}$ | | 1,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 51,6% | € | 8.160 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € | 265 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € | 116.293 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € | 13.493 |
| N° di Canoni annuali | anni | | 24 |
| Utile lordo della ESCO | $\% CAPEX$ | | -10,42% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | -€ | 1.275 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € | 5.172 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € | 3.998 |
| Canone O&M €/anno | CnM | € | 9.367 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € | 8.976 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € | 18.344 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € | 7.895 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € | 26.239 |
| Aliquota IVA % | IVA | | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € | 51.398 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € | 146.221 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | | 2022 |

Tabella 9.22 – 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. | | 11,77 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 22,69 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € | 5.742 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | | 4,35% |
| Indice di Profitto | IP | | 2,01% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | | 2,49 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 2,82 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € | 29.966 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | | 2,40% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | | 1,036 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | | 0,414 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | | 10,51% |

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

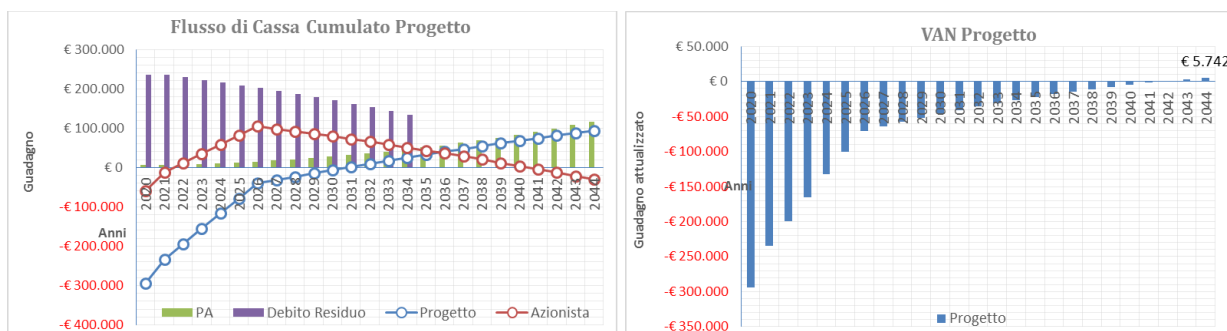
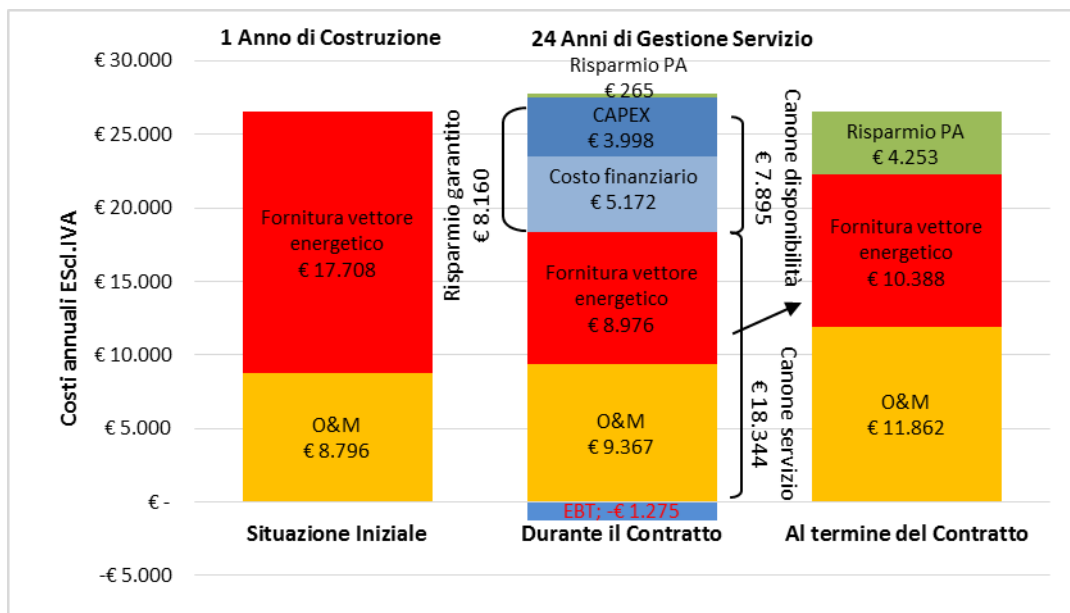


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.22.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

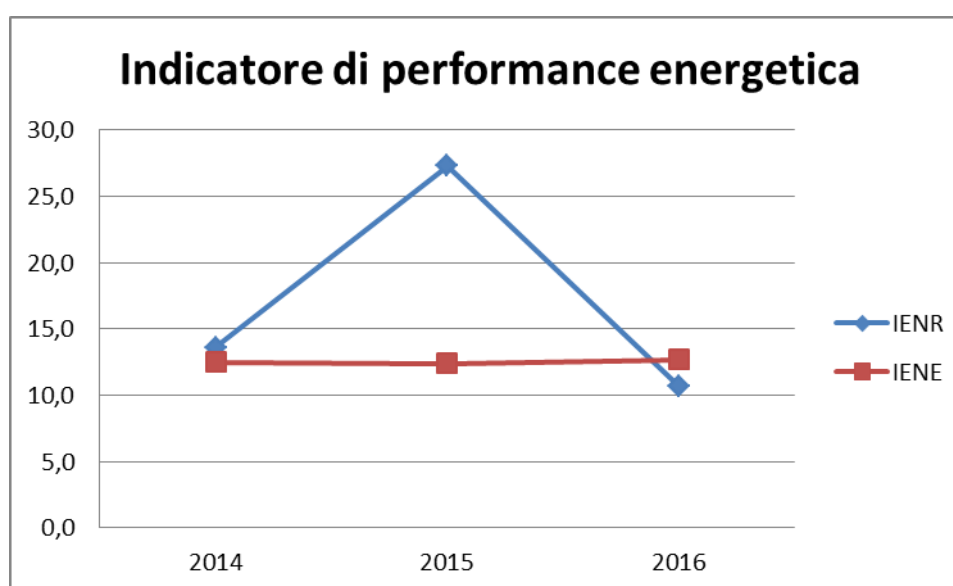
10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuati diverse tipologie di indici di performance energetica, tra cui IEN e ed IEN_r, ricavati dal documento ENEA-FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole” e gli indici calcolati secondo DM 26/06/2015.

Relativamente alle classi di merito riportate nelle Linee Guida ENEA - FIRE, si ottengono dei valori disallineati nel periodo considerato, il giudizio passa da sufficiente, ad insufficiente a buono per l’anno 2016.

IEN_E mantiene invece un valore pressoché costante ed omogeneo nel periodo considerato, attestando un giudizio insufficiente alla struttura.

Figura 10.1 – Indicatori di performance energetica



In riferimento al modello realizzato in funzionamento standard, così come richiesto per la redazione degli attestati di prestazione energetica, l’edificio oggetto di diagnosi risulta in classe energetica G, se confrontato con il relativo edificio di riferimento.

Nella seguente tabella sono riportati gli indicatori di prestazione energetica riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile relativi allo stato di fatto.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – stato di fatto

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|--|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale | EP _{gl} | kWh/mq anno | 146,64 | 133,94 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 82,39 | 82,11 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | 0,30 | 0,30 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 62,42 | 50,30 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 1,53 | 1,23 |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 29 | 29 |

Nelle Tabella 10.2 e Tabella 10.3 sono invece riportati gli indici di prestazione energetica ricavati a seguito della valutazione dei 2 scenari di intervento descritti in precedenza.

Tabella 10.2– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN1

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale | EP _{gl} | kWh/mq anno | 102,11 | 93,04 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 56,06 | 55,79 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | 0,30 | 0,30 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 44,33 | 35,72 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 1,53 | 1,23 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 20 | 20 |

Tabella 10.3– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN2

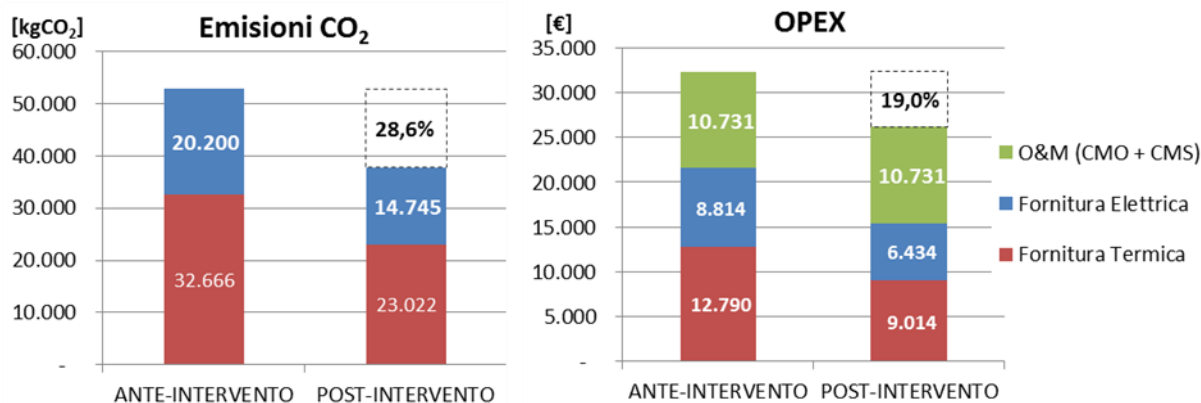
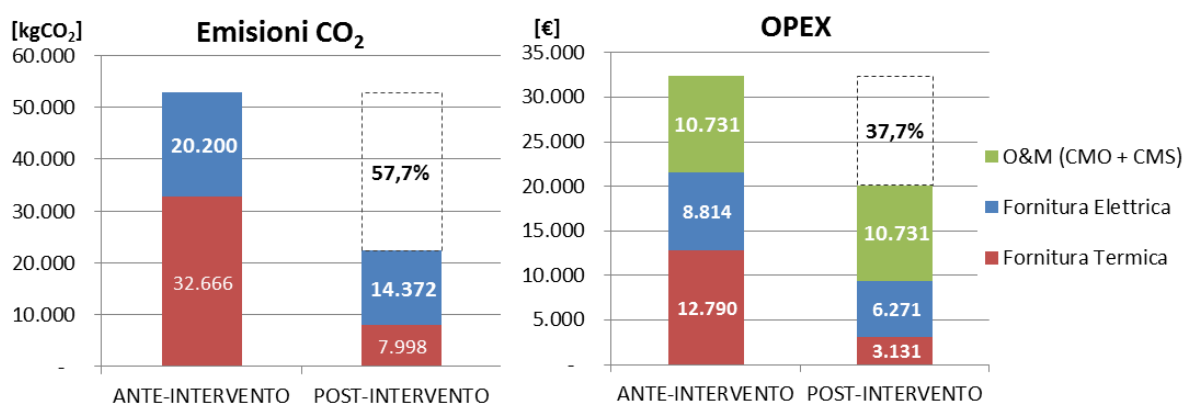
| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale | EP _{gl} | kWh/mq anno | 63,91 | 54,92 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 17,75 | 17,66 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | 0,30 | 0,30 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 0 | 0 |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 44,33 | 35,72 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 1,53 | 1,23 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 12 | 12 |

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

A seguito dell’individuazione dei possibili interventi di efficientamento energetico, sono state proposte due soluzioni progettuali, SCN1 ed SCN2 con tempi di ritorno semplice a 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario nell’installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter, la sostituzione del generatore di calore, la sostituzione dei corpi illuminanti.
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella sostituzione degli infissi con telaio in legno e vetro singolo, la coibentazione interna delle murature verticali, oltre che tutte gli interventi previsti nello SCN1.

Di seguito si riportano la riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 nelle due ipotesi adottate.

Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baselineFigura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque ottimi risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un ampio margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull'involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell'impianto di riscaldamento, nonché con la sostituzione del generatore di calore stesso.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi tra di loro e nemmeno con l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sui quadri elettrici generali delle due scuole; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell'energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici dovuti alla sola climatizzazione invernale e l'impianto costituito da un unico circuito, sarebbe sufficiente l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il futuro consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in

centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

Di seguito sono riportate le raccomandazioni e le buone pratiche per il miglioramento dell'efficienza energetica, a completamento del lavoro di diagnosi energetica eseguito, che comprendono vari aspetti relativi l'edificio: dall'utilizzo della struttura fatta dagli utenti, alle modalità di utilizzo delle apparecchiature elettriche, all'illuminazione, agli aspetti gestionali e di formazione.

| Ambito | Raccomandazioni | Considerazioni |
|-----------------------------------|---|---|
| Acquisti | Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica. | <p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p> |
| Apparecchiature elettriche | Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura. | <p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p> |
| Climatizzazione | <p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p> | <p>Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.</p> <p>Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche.</p> <p>Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter</p> |

| Ambito | Raccomandazioni | Considerazioni |
|--------|---|---|
| | <p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> | <p>personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.</p> <p>Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.</p> <p>In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio</p> |

| Ambito | Raccomandazioni | Considerazioni |
|---------------------------------|--|--|
| | Spegnimento dell'impianto di produzione del calore. | mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%. |
| Formazione del personale | Eeguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico. | <p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p> |
| Illuminazione | <p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p> | <p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p> |

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

La Scuola Elementare “De Scalzi” presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in condizioni sufficienti. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico od elettrico, ma sono state rilevate criticità in relazione soprattutto negli infissi di tipologia con telaio in legno e vetro singolo ad alta trasmittanza.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.

Nei due scenari individuati si presentano due situazioni diverse, nello SCN 1 si ha un intervento di regolazione dell'impianto di riscaldamento invernale e di sostituzione del generatore di calore, che prevede l'installazione di valvole termostatiche e di pompe ad inverter contestualmente all'installazione di una caldaia a condensazione, cui si aggiunge un intervento di sostituzione dei corpi illuminanti. In questo scenario si ha un passaggio di una classe energetica rispetto allo stato di fatto.

Nello SCN2, oltre gli interventi contenuti nello SCN1, sono stati eseguiti interventi di efficientamento mediante coibentazione della muratura verticali interna e la sostituzione degli infissi con telaio in legno e vetro singolo.

Secondo questa seconda soluzione adottata si ha il passaggio di 3 classi energetiche, dalla classe E dello stato di fatto, alla classe B dello scenario SCN2. Questo dovuto al confronto con un nuovo edificio di riferimento rispetto a quello dello stato di fatto.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|---|------------|--|
| 1 | Elenco documentazione fornita dalla committenza | 16/06/2018 | DE_Lotto.1 - E1615_revA_Allegato A_Elenco doc fornita.xlsx |

ALLEGATO B – ELABORATI

| | Titolo | Descrizione | Data | Nome file |
|----|---|---|------------|---|
| 1 | Elaborazione consumi diagnosi | Elaborazione consumi per diagnosi e calcoli IEN E IER | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B-Consumi per diagnosi - benchmark.xlsx |
| 2 | Elenco lampade e attrezzature elettriche | Elenco lampade ed attrezzature elettriche e modello elettrico FEM | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B-Elenco illuminazione e FEM.xlsx |
| 3 | Grafici template | Grafici ed elaborazioni dati utilizzati per la diagnosi ed il calcolo degli interventi migliorativi e gli scenari | 03/08/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revB_Allegato B-Grafici_Template.xlsx |
| 4 | Planimetria zone termiche – piano terra, posizionamento POD2, PDR cucina, centrale termica e sottostazione centrale termica | Planimetria zone termiche – piano terra | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_PT.dwg |
| 5 | Planimetria zone termiche – piano primo e posizionamento POD1 e PDR2 | Planimetria zone termiche – piano primo e posizionamento POD1 e PDR2 | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_P1.dwg |
| 6 | Planimetria zone termiche – piano secondo | Planimetria zone termiche – piano secondo | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_P2.dwg |
| 7 | Posizionamento zone termiche – piano terzo | Planimetria zone termiche – piano terzo | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_P3.dwg |
| 8 | Posizionamento zone termiche – piano quarto | Planimetria zone termiche – piano quarto | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_P4.dwg |
| 9 | Posizionamento zone termiche – piano quinto | Planimetria zone termiche – piano quinto | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_P5.dwg |
| 10 | Posizionamento zone termiche – piano sesto | Planimetria zone termiche – piano sesto | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_P6.dwg |
| 11 | Schema a blocchi impianto elettrico | Schema a blocchi impianto elettrico | 16/06/2018 | DE_Lotto1-E1615_revA_Allegato B_Schema a blocchi impianto elettrico.xls |
| 12 | Planimetria catastale | Planimetria catastale | 16/06/2018 | DE_Lotto1-E1682_revA-AllegatoB_Planimetria catastale.pdf |
| 13 | Schema impianto termico | Schema impianto termico | 03/08/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_Schema impianto termico.dwg |
| 14 | Visura catastale – parte 1 | Visura catastale – parte 1 | 03/08/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_Visura catastale sub 3.JPG |
| 15 | Visura catastale – parte 2 | Visura catastale – parte 2 | 03/08/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_Visura catastale.JPG |
| 16 | Visura catastale – parte 3 | Visura catastale – parte 3 | 03/08/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_Allegato B_Visura catastale_sub 2_graffati.JPG |

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|---------------------|------------|---|
| 1 | Report termografico | 16/06/2018 | DE_Lotto1-E1615_revA_AllegatoC_Report termografico.docx |

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|--------------------|------------|--|
| 1 | Report Strumentali | 03/08/2018 | DE_Lotto1-E1615_revB_AllegatoD_Report Strumentali.docx |

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|---|------------|---|
| 1 | Relazione di calcolo energetico Scuola Elementare “De Scalzi” | 16/06/2018 | DE_Lotto1-E1615_revA_AllegatoE_Relazione di calcolo – DE SCALZI.rtf |

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|--------------------------|------------|---|
| 1 | Certificato CTI software | 16/06/2018 | DE_Lotto.1- E1615_revA_AllegatoF_CertCTI.pdf |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|--|------------|--|
| 1 | Attestato di prestazione energetica – Edificio E1615 – Bozza | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoG_DE SCALZI_APE – APE2015.RTF |

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|---|------------|---|
| 1 | Attestato di prestazione energetica – Edificio E1615 – Scenario SCN1 – 15 anni –Bozza | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoH_DE SCALZI_APE SCN1- APE2015.RTF |
| 2 | Attestato di prestazione energetica – Edificio E1615 – Scenario SCN2 – 25 anni –Bozza | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoH_DE SCALZI_APE SCN2- APE2015.RTF |

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|-------------------------------|------------|--|
| 1 | Dati climatici di riferimento | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoI_Dati meteo Stazione Centro Funzionale.xlsx |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|---------------------|------------|--|
| 1 | Schede AICARR E1615 | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoJ_Check list schede AICARR.xlsx |

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|--|------------|---|
| 1 | Sostituzione serramenti | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoK_A1.2 – Chiusure verticali trasparenti – sostituzione serramenti.pdf |
| 2 | Coibentazione interna delle murature verticali | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoK_A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall interno con pannelli.pdf |
| 3 | Installazione pompe ad inverter | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoK_H15 - Installazione di pompe a portata variabile.pdf |
| 4 | Installazione valvole termostatiche | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoK_H16 – Installazione valvole termostatiche.pdf |
| 5 | Sostituzione corpi illuminanti | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoK_L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.pdf |
| 6 | Installazione caldaia a condensazione | 16/06/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revA_AllegatoK_H2 – Sostituzione sistemi di generazione obsoleti con caldaie a condensazione.pdf |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|-------------------------------------|------------|---|
| 1 | Analisi Piano Economico Finanziario | 03/08/2018 | DE_Lotto.1- E1615_revB_AllegatoL_AnalisiPEF.xlsx |

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| | Titolo | Data | Nome file |
|---|---|------------|---|
| 1 | Report di benchmark edifici del Lotto 1 | 03/08/2018 | DE_Lotto.1-E1615_revB-Allegato M-Report di benchmark.docx |

ALLEGATO N – CD-ROM