

SCUOLA MEDIA "BOCCANEGRA-ENRICO"

E.211

PIAZZA ROTONDA N. 2

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA MEDIA "BOCCANEGRA-ENRICO"]

E.211

PIAZZA ROTONDA n. 2

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/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

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

Tel: 011 2257536 – stefano.dotta@envipark.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|-----------|------------|------------------|------------------|---------------|---------------------|
| [A] | 15/05/2018 | Sergio Ravera | Sergio Ravera | Stefano Dotta | Prima Pubblicazione |
| | | Stefano Dotta | Daniela Di Fazio | | |
| | | Mauro Cornaglia | | | |
| | | Angela Baccaro | | | |
| | | Vincenzo Cuzzola | | | |
| [B] | 24/07/2018 | Sergio Ravera | Sergio Ravera | Stefano Dotta | Prima Pubblicazione |
| | | Stefano Dotta | Daniela Di Fazio | | |
| | | Mauro Cornaglia | | | |
| | | Angela Baccaro | | | |
| | | Vincenzo Cuzzola | | | |

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

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

INDICE

PAGINA

| | |
|---|-----------|
| EXECUTIVE SUMMARY | 1 |
| 1 INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 PREMessa | 3 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 3 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO..... | 3 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO..... | 4 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO | 5 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 8 |
| 2 DATI DELL'EDIFICIO..... | 9 |
| 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO | 9 |
| 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO | 9 |
| 2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI..... | 10 |
| 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO..... | 11 |
| 3 DATI CLIMATICI | 13 |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO..... | 13 |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI..... | 14 |
| 3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO | 14 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 17 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO..... | 17 |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> | 17 |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> | 19 |
| 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> | 25 |
| LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.9. | 26 |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 26 |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE | 27 |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE | 28 |
| 5 CONSUMI RILEVATI | 30 |
| 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA..... | 30 |
| 5.1.1 <i>Energia termica</i> | 30 |
| 5.1.2 <i>Energia elettrica</i> | 33 |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI | 36 |
| 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO..... | 40 |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO | 40 |
| 6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> | 41 |
| 6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> | 42 |
| 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI..... | 42 |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI..... | 44 |
| 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO..... | 47 |
| 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI | 47 |
| 7.1.1 <i>Vettore termico</i> | 47 |
| 7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> | 50 |
| 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI..... | 53 |
| 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI..... | 53 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 7.4 | BASILINE DEI COSTI..... | 54 |
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA | 56 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI | 56 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio.....</i> | 56 |
| 8.1.2 | <i>Impianto riscaldamento.....</i> | 62 |
| 8.1.3 | <i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> | 65 |
| 8.1.4 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> | 65 |
| 8.1.5 | <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i> | 67 |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA..... | 69 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI | 69 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI | 77 |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO | 87 |
| 9.3.1 | <i>Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni</i> | 89 |
| 9.3.2 | <i>Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤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 | 102 |
| 10.3 | CONCLUSIONI E COMMENTI..... | 104 |
| | 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 | | 1.970 |
| Anno di ristrutturazione | | nn |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche ed assimilabili) |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 2.968,79 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 4.840,12 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 14.374,73 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,34 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 3.765,29 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 954,34 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 4.719,63 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Generatore tradizionale |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 575 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | [-] |
| Tipo di combustibile | | Gas naturale |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Boiler Elettrici |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 86.43 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 265932 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 20.640 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 24.888 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 5.322 |

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Insufflaggio fiocchi di cellulosa nelle intercapedini dei muri verticali
- EEM 2: Coibentazione dell'interno di parte della copertura della scuola con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm)
- EEM 3: Coibentazione dall'interno della copertura della palestra con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm).
- EEM 4: Sostituzione Infissi con altri aventi U=1,66W/m²k
- EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 6: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 8: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN1: Insufflaggio pareti perimetrali, coibentazione copertura della scuola, coibentazione copertura della palestra, installazione di sistemi di termoregolazione, installazione di un nuovo generatore di calore
- SCN2: Insufflaggio pareti perimetrali, coibentazione copertura della scuola, coibentazione copertura della palestra, installazione di sistemi di termoregolazione, efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led, installazione di un nuovo generatore di calore, installazione impianto fotovoltaico

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 [%] | % ΔCO_2 [%] | ΔC_E [€/anno] | ΔC_{MO} [€/anno] | ΔC_{MS} [€/anno] | I_0 [€] | n [anni] | TRS [anni] | TRA [anni] | VAN [€] | TIR [%] | IP [-] | DSCR | LLCR |
| EEM 1 | 15,1 | 15,6 | 3.919 | 0 | 0 | 60.831 | 30 | 8,5 | 11,7 | 32.677 >0 | 9,6 | 0,54 | n/a | n/a |
| EEM 2 | 3,5 | 3,7 | 929 | 0 | 0 | 21.503 | 30 | 11,9 | 18,8 | 4.160 >0 | 6,3 | 0,19 | n/a | n/a |
| EEM 3 | 3,6 | 3,7 | 924 | 0 | 0 | 27.079 | 30 | 14,8 | 25,8 | 1.242 >0 | 4,6 | 0,05 | n/a | n/a |
| EEM 4 | 33,3 | 34,5 | 8.760 | 0 | 0 | 364.438 | 30 | 35,6 | 55,5 | 172.625 <0 | -1,3 | -0,47 | n/a | n/a |
| EEM 5 | 0,3 | 0,3 | 80,4 | 0 | 0 | -7.898 | 15 | 50,1 | 58,8 | 6.061 <0 | -17,7 | -0,77 | n/a | n/a |
| EEM 6 | 7,5 | 6,5 | 1.941 | 0 | 0 | 121.642 | 8 | 12,3 | 13,7 | 52.249 <0 | -13,1 | -0,43 | n/a | n/a |
| EEM 7 | 9,3 | 9,6 | 2.405 | 1587 | 422 | 45.756 | 15 | 5,8 | 7,7 | 17.432 >0 | 10,9 | 0,38 | n/a | n/a |
| EEM 8 25 anni | 14,1 | 12,2 | 3.664 | 1587 | 422 | 22.732 | 20 | 4,2 | 4,7 | 46.924 >0 | 23,1 | 2,06 | n/a | n/a |
| SCN 1 | 35,9 | 37,1 | 7.261* | 1.191* | 317* | 150.012 | - | 3,2 | 3,8 | 8.689 | 24 | 5,8 | 1,1 | 0,9 |
| SCN 2 | 50,2 | 49,6 | 10.170* | 1.191* | 317* | 294.385 | - | 9,7 | 22 | 2.253 | 10 | 0,77 | 0,99 | 1,1 |

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

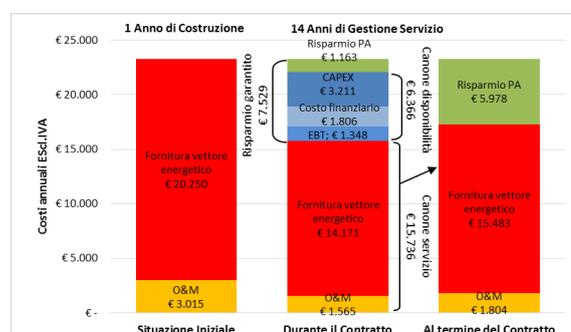
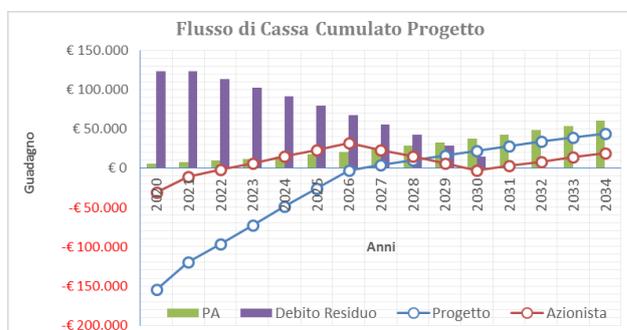
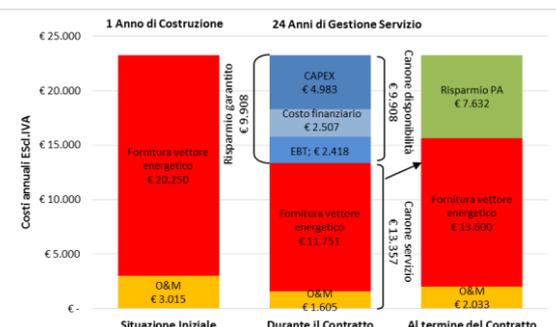
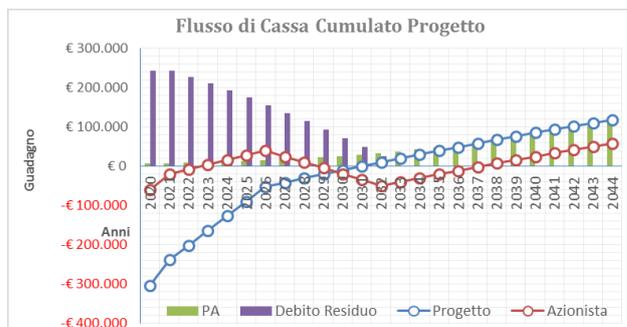


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Environment Park S.p.A, il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Stefano Dotta, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata sud-ovest



In **Errore**. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro. 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

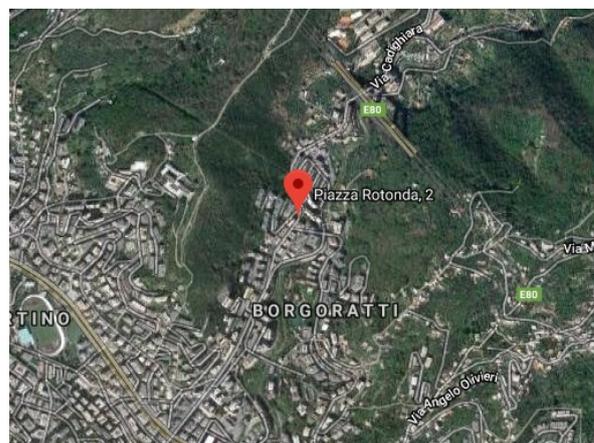
| NOME E COGNOME | RUOLO | ATTIVITÀ SVOLTA |
|--------------------------------------|------------------------|---|
| Sergio Ravera | | Sopralluogo in sito |
| Mauro Cornaglia, Vincenzo Cuzzola | | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Sergio Ravera | | Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico |
| Sergio Ravera | Responsabile involucro | Revisione report di diagnosi energetica |
| Daniela Di Fazio | Responsabile impianti | Revisione report di diagnosi energetica |
| Stefano Dotta | EGE | Approvazione report di diagnosi energetica |
| Sergio Ravera | | Sopralluogo in sito |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU a seguito dei controlli effettuati dalla società di Audit è risultato avere le seguenti coordinate catastali: F. A Mapp 59 (al posto di 52 così come è descritto sul file Kyoto) Sub. [-] è sito nel Comune di Genova e più precisamente nell'area di Borgoratti, tra Bavari e Sturla.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|---|-------------------|---|
| Anno di costruzione edificio | | 1.970 |
| Anno di ristrutturazione | | nn |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche ed assimilabili) |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 2.968,79 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 4.840,12 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 14.374,73 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,34 |
| Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 3.234,99 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 3.765,29 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 954,34 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 4.719,63 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Generatore tradizionale |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 575 |

| | | |
|---|---------------------------|------------------|
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | [-] |
| Tipo di combustibile | | Gas naturale |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Boiler Elettrici |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 86.43 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 265932 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 20.640 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 24.888 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 5.322 |

Nota (1): Valori di Baseline

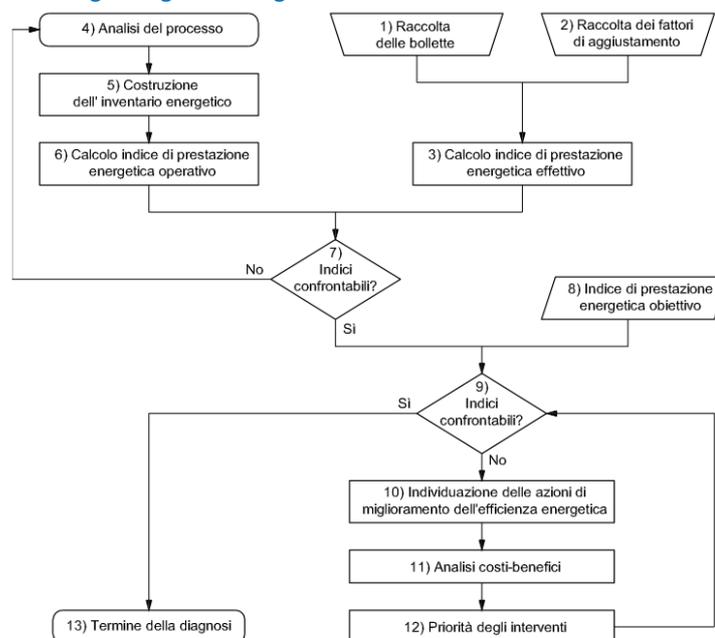
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- 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 13/12/2017 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 e/o frigorifera, 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, Assista, 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 Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 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 villa Cambiaso dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

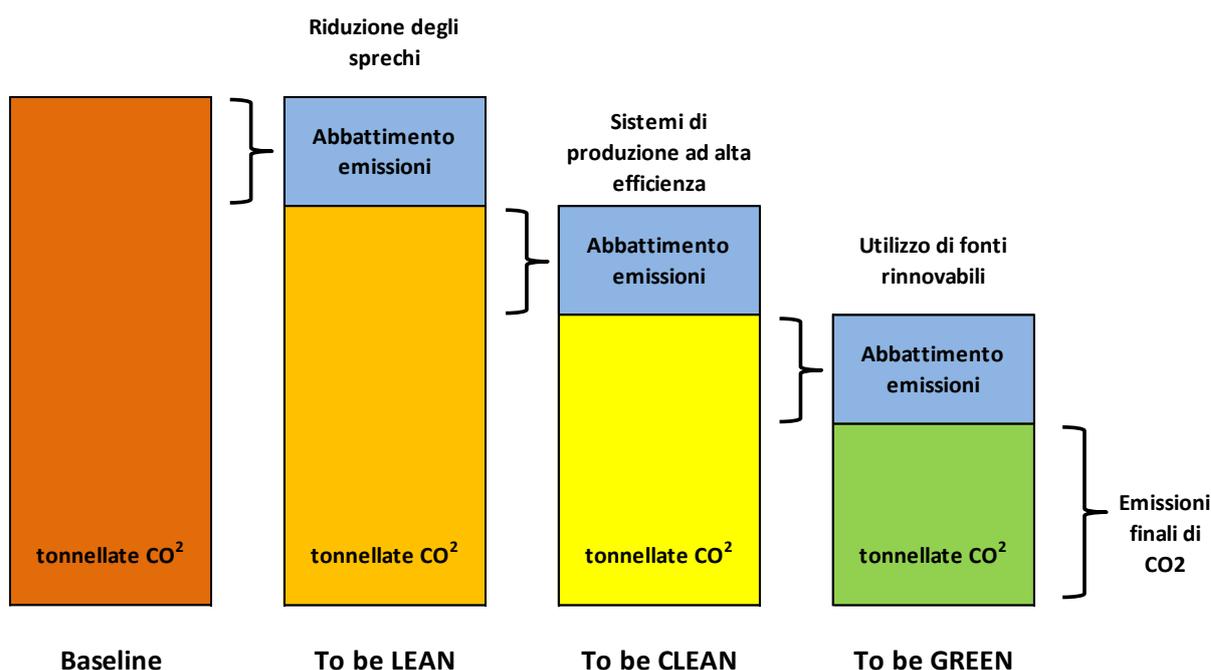
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

Figura 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, (fonte: London Plan 2011)



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

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

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno 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 dalla 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 riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

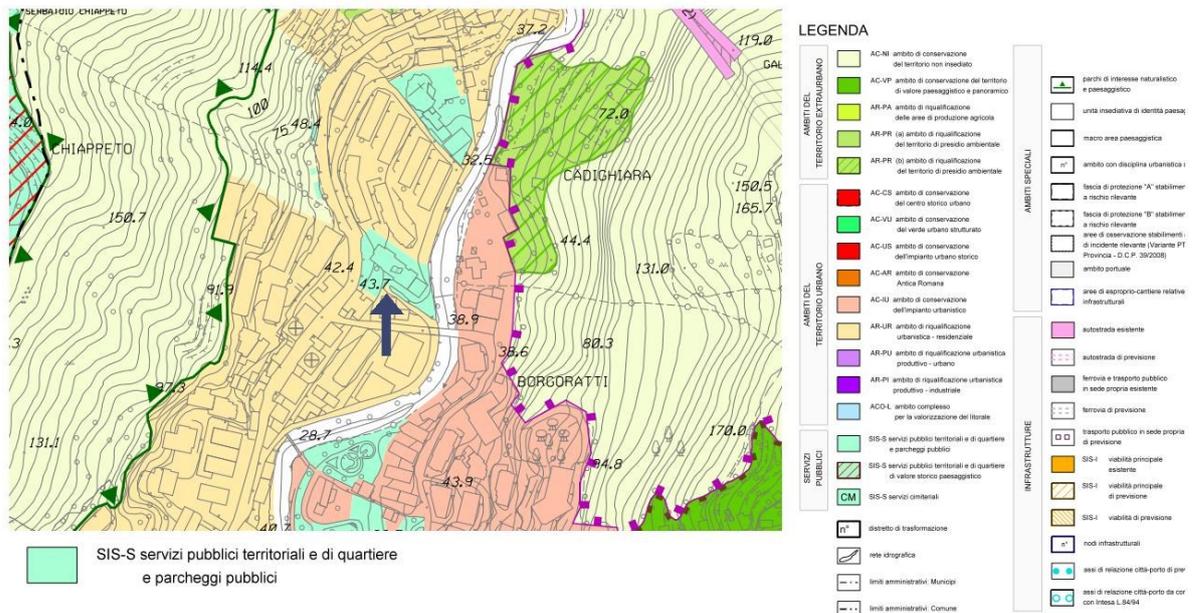
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è stato costruito nel 1970 ed è utilizzato per le attività scolastiche della Scuola Media "Boccanegra-Enrico"; ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli ed assimilabili.

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

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

È rilevante sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dall'utenza e la salvaguardia dei beni esposti all'interno della scuola, nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio in quanto bene di interesse collettivo.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto [Figura 2.2 - Vista satellitare dell'edificio \(Fonte:](#)

della DE è costituito complessivamente da sette piani fuori terra, nei quali si sviluppano le attività educative della Scuola Media.

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

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

[Google Earth](#)

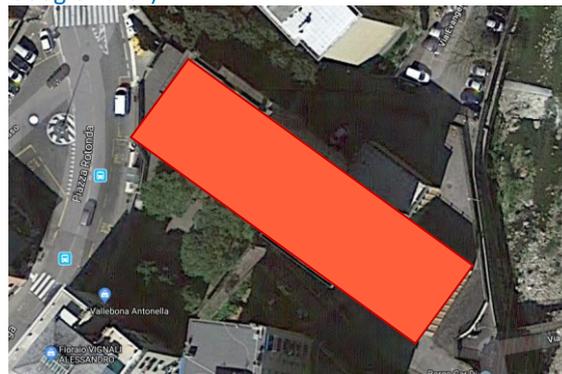


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

| PIANO | UTILIZZO | U.M. | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾ | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾ | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾ |
|---------------|---------------------|-------------------|---|--|---|
| Terreno | Spogliatoi palestra | [m ²] | 274,34 | 222,84 | 222,84 |
| | Palestra | [m ²] | 360,65 | 317,09 | 317,09 |
| | Scala sx | [m ²] | 14,48 | 11,17 | 11,17 |
| Primo | Sala riunioni /lab | [m ²] | 338,00 | 294,00 | 294,00 |
| | Corridoio | [m ²] | 41,00 | 40,00 | 40,00 |
| | wc | [m ²] | 47,00 | 36,00 | 36,00 |
| Secondo | Aule | [m ²] | 414,09 | 353,46 | 353,46 |
| | wc | [m ²] | 52,07 | 38,66 | 38,66 |
| | Corridoio | [m ²] | 43,89 | 42,83 | 42,83 |
| | Scala dx | [m ²] | 43,74 | 42,68 | 42,68 |
| Terzo | Aule | [m ²] | 143,85 | 121,84 | 121,84 |
| | Uffici/sala medica | [m ²] | 286,41 | 273,39 | 273,39 |
| | wc | [m ²] | 51,15 | 38,80 | 38,80 |
| | Corridoio | [m ²] | 26,85 | 26,30 | 26,30 |
| Quarto | Aule | [m ²] | 434,95 | 373,43 | 373,43 |
| | wc | [m ²] | 50,65 | 38,43 | 38,43 |
| | Corridoio | [m ²] | 46,33 | 42,70 | 42,70 |
| Quinto | Aule | [m ²] | 435,04 | 373,49 | 373,49 |
| | wc | [m ²] | 50,55 | 38,43 | 38,43 |
| | Corridoio | [m ²] | 44,25 | 43,25 | 43,25 |
| Sesto | Sottotetto | [m ²] | 231,00 | 200,00 | 200,00 |
| NON RISC | Sottotetto | [m ²] | 299,00 | | |
| NON RISC | Locale Tecnico | [m ²] | 36,00 | | |
| TOTALE | | [m ²] | 3.765,29 | 2,968,79 | |

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

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

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

Borgoratti è un quartiere che si colloca in corrispondenza della valle del torrente Sturla. Si trova al centro tra Bavari a nord e Sturla più a sud. Questi quartieri seguono la direzione del torrente e sono collegate a livello viario. È stato inglobato nel territorio della Grande Genova a metà degli anni 20. Il territorio è compreso nella circoscrizione Levante.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Una verifica effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati (www.liguriavincoli.it) non ha evidenziato alcuni vincoli in riferimento all'edificio in oggetto.

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

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

| MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA | VINCOLO INTERESSATO | VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾ | MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE |
|--|---------------------|---|------------------------------|
| EEM 1: Insuflaggio fiocchi di cellulosa nelle intercapedini dei muri verticali | nn | | nn |
| EEM 2: Coibentazione dell'interno di parte della copertura della scuola con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm) | nn | | nn |
| EEM 3: Coibentazione dall'interno della copertura della palestra con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm). | nn | | nn |
| EEM 4: Sostituzione Infissi con altri aventi U=1,66W/m2k | nn | | nn |

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

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

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

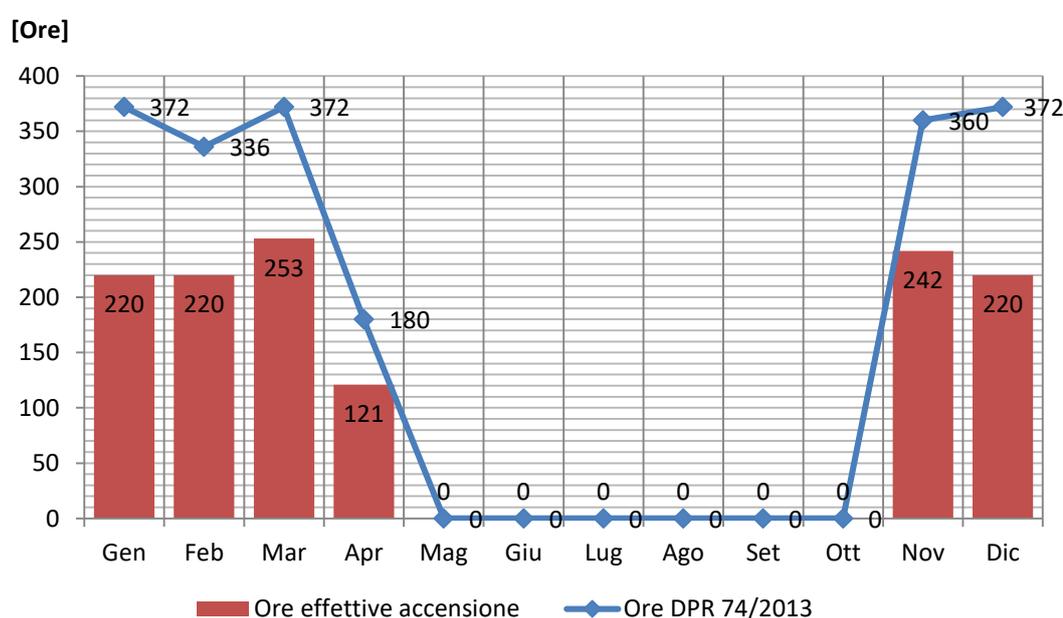
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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

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

| PERIODO | GIORNI SETTIMENALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Dal 1 Novembre al 15 Aprile | Dal lunedì al venerdì | 7.30-17.30 | 7.00 – 18.00 |
| Dal 16 Aprile al 30 Ottobre | Dal lunedì al venerdì | 7.30-17.30 | [-] |

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura. Si rileva infatti un'accensione anticipata dell'impianto termico rispetto all'orario effettivo di utilizzo ed uno spegnimento prossimo all'orario di uscita del personale della struttura, al fine di garantire l'adeguata climatizzazione dell'edificio.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 989 GG calcolati su 116 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}

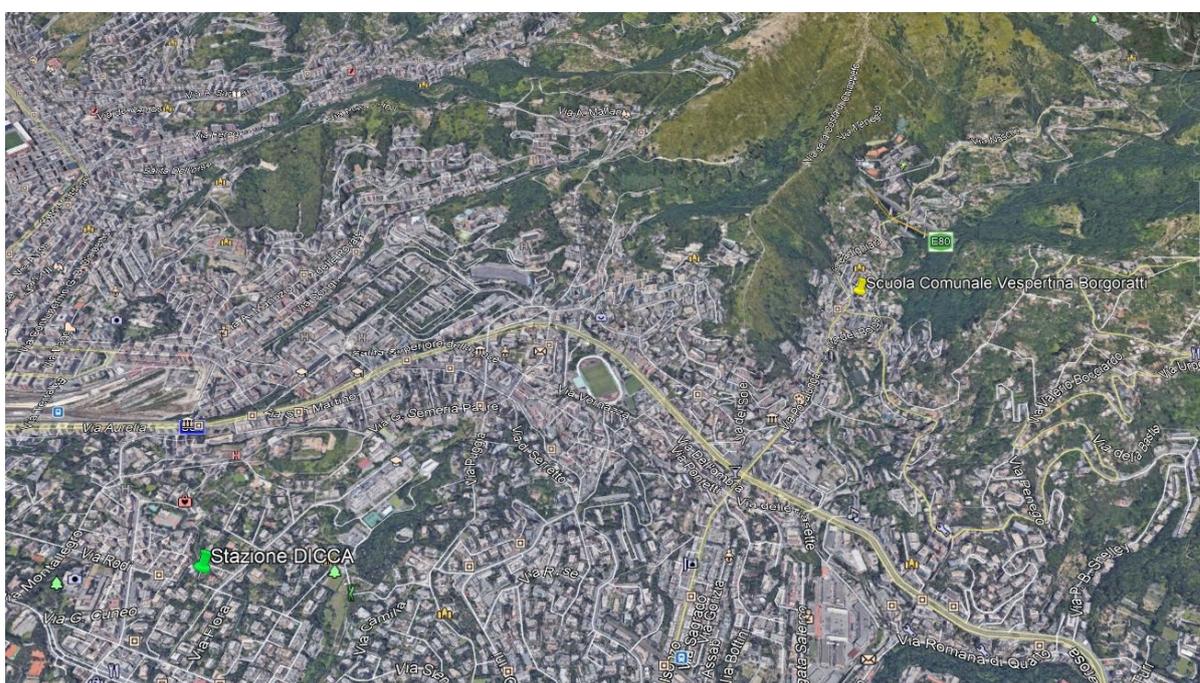
| Mese | GIORNI MENSILI | TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C] | GIORNI RISCALDAMENTO [g/m] | GG | GIORNI DI UTILIZZO [g/m] | GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m] | GG _{rif} | PROFILO DI INCIDENZA |
|---------------|----------------|---|----------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Gennaio | 31 | 10,4 | 31 | 298 | 20 | 20 | 192 | 19% |
| Febbraio | 28 | 10,5 | 28 | 266 | 20 | 20 | 190 | 19% |
| Marzo | 31 | 11,1 | 31 | 276 | 23 | 23 | 205 | 21% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 15 | 71 | 11 | 11 | 55 | 6% |
| Maggio | 31 | 18,7 | - | - | 22 | - | - | - |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 21 | - | - | - |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | 21 | - | - | - |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | - | - | - | - |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 22 | - | - | - |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 21 | - | - | - |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 22 | 22 | 147 | 15% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 20 | 20 | 200 | 20% |
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 223 | 116 | 989 | 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 delle temperature esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle caratteristiche climatiche della zona.

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica installata presso il Laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (44° 24'N 8° 58'E Altitudine 40 m), denominata Stazione Meteo villa Cambiaso, in quanto risulta essere la più vicina all'edificio oggetto della DE.

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



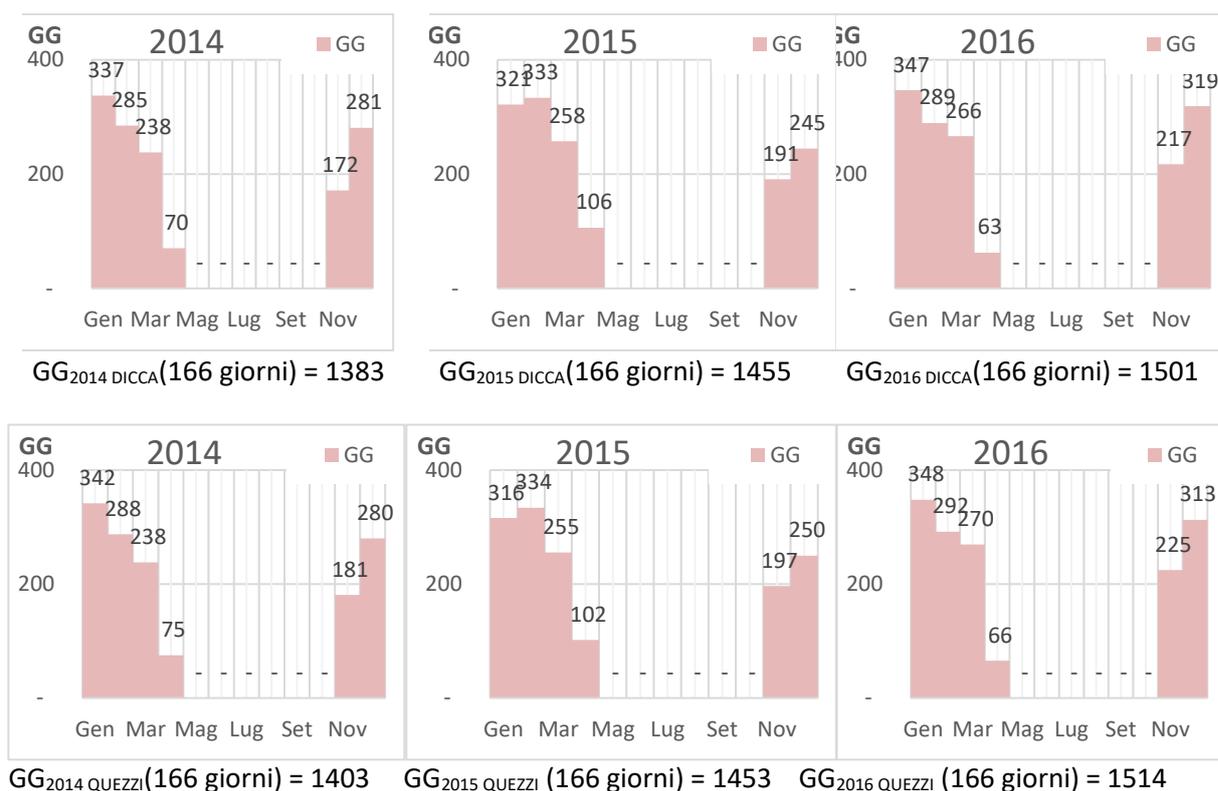
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

Durante la fase di revisione, la PA ha segnalato che tale stazione climatica potrebbe essere affetta da errori nella raccolta dei dati climatici anni 2015 e 2016. Per questa ragione si è verificata la congruità e l'attendibilità dei dati climatici confrontandoli con quelli rilevati dalla stazione ARPAL più vicina all'edificio stesso (QUEZZI, 44° 25'N 8° 58'E Altitudine 200 m).

Nei grafici successivi si sono quindi confrontati i GG delle due stazioni meteo.

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



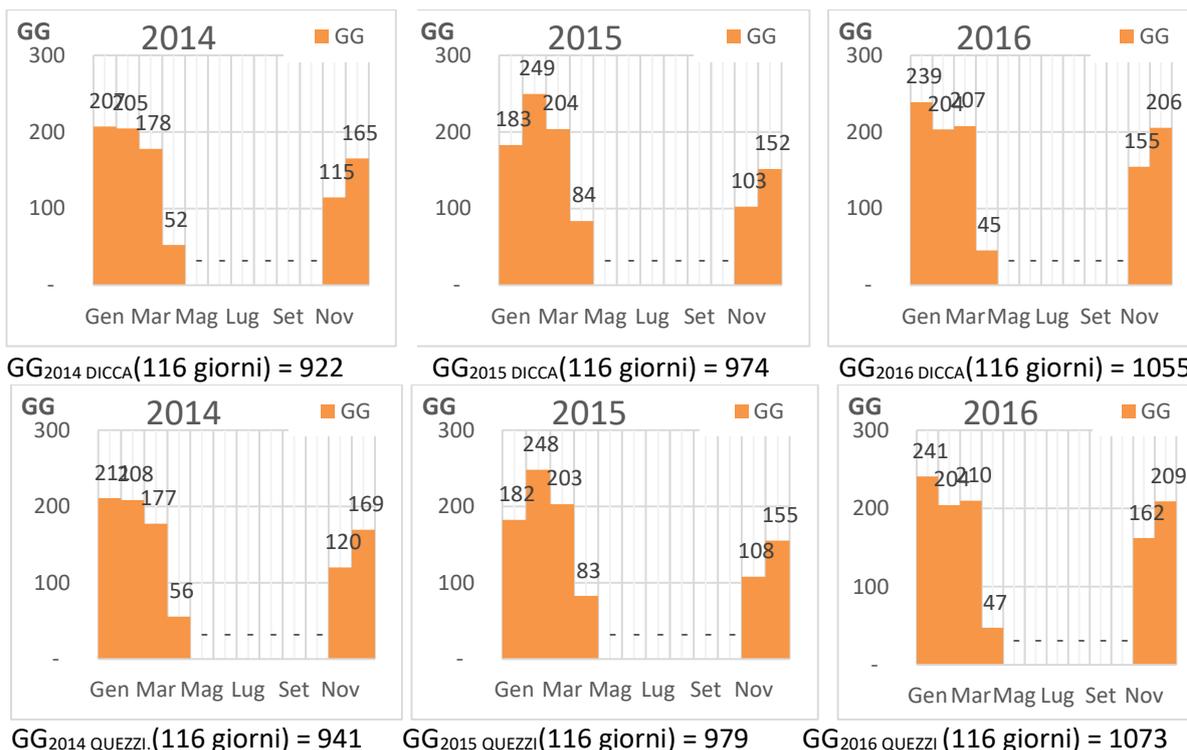
Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nell'anno 2014 la differenza è di 20 GG pari all'1,43% nel 2015 la differenza è di 2 GG pari allo 0,14% e nel 2016 la differenza è di 13 GG pari allo 0,86%. Si ritiene pertanto che i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili.

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 922, 974 e 1055 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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 di DICCA E CENTRO FUNZIONALE



Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nei 116 giorni di utilizzo nell'anno 2014 la differenza è di 52 GG pari all'3,26% nel 2015 la differenza è di 21 GG pari all'1,21% e nel 2016 la differenza è di 32 GG pari all'1,77%.

Si ritiene, pertanto che anche a seguito di questa ulteriore verifica i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili.

Tabella 3 Confronto dei Gradi Girono delle due stazioni climatiche: DICCA e QUEZZI

| | GG 2014 | GG 2015 | GG 2016 |
|--------|---------|---------|---------|
| QUEZZI | 1646 | 1755 | 1835 |
| DICCA | 1594 | 1734 | 1803 |

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

La struttura portante dell'edificio è costituita da pilastri in cemento armato che si estende per sette piani fuori terra. Si ipotizza che l'involucro edilizio opaco verticale sia costituito da una muratura a cassavuota non coibentata di spessori variabili a seconda delle parti di fabbricato. I solai sono il latero-cemento come documentato dalla foto scattata durante il sopralluogo che ha evidenziato alcune irregolarità nelle finiture delle strutture che hanno permesso di comprenderne le stratigrafie. La copertura dell'edificio è a falde inclinate e delimita una porzione del sesto livello riscaldato ed utilizzato come deposito di pertinenza della scuola.

L'edificio si presenta con una forma irregolare sia in pianta, sia nello sviluppo tra i piani con solai aggettanti che rendono piuttosto articolata la superficie disperdente del fabbricato. La porzione di copertura irregolare e differente rispetto allo standard è quella della palestra che si presenta come un volume compenetrato rispetto all'edificio scolastico principale. Tale volume ha una copertura calpestabile "a terrazzo" con accesso diretto dai locali della scuola stessa.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che non trattandosi di un edificio di valenza storica si ritiene possibile procedere ad importanti interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

Figura 4.1 - Particolare dell'involucro opaco



Figura 4.2 - Particolare del solaio-tipo



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

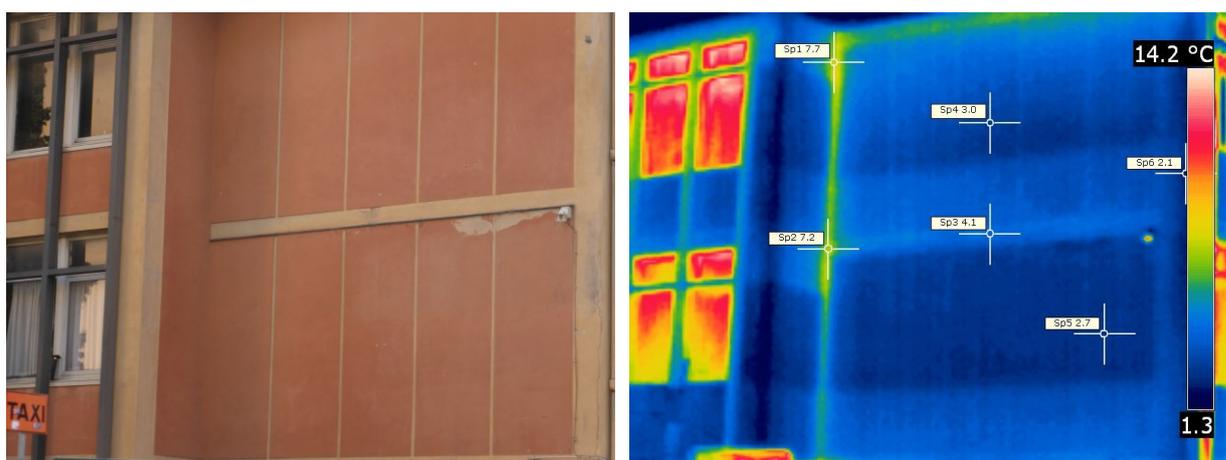
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR ThermaCAM E45 secondo le seguenti modalità si sono misurate le condizioni climatiche esterne (Temperatura dell'aria e

umidità relativa), rilevate le caratteristiche di emissività della superficie e la temperatura riflessa sulla superficie. Ci si posiziona davanti all'oggetto e si effettua la foto congiuntamente con la misura della distanza.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Sono evidenti sull'involucro i ponti termici degli angoli caldi con temperature che superano i 7 °C, in particolare risulta essere più caldo l'angolo superiore che si interseca con il solaio di copertura.
- Vi è una leggera discrepanza di tonalità tra la parte superiore ed inferiore dell'involucro compreso tra i piani.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete tipo



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | SPESSORE [cm] | ISOLAMENTO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--------------------|--------|------------------|------------|------------------------------------|---------------------------|
| Parete verticale | M1 | 48 | Assente | 1,1 | Sufficiente |
| Parete verticale | M2 | 28 | Assente | 1,5 | Sufficiente |
| Parete verticale | M3 | 84 | Assente | 1,3 | Sufficiente |
| Parete verticale | M4 | 55 | Assente | 1,0 | Sufficiente |
| Parete verticale | M5 | 48 | Assente | 1,0 | Sufficiente |
| Parete verticale | M6 | 66 | Assente | 0,9 | Sufficiente |
| Parete verticale | M7 | 98 | Assente | 1,2 | Sufficiente |
| Parete verticale | M8 | 68 | Assente | 0,9 | Sufficiente |
| Parete verticale | M10 | 16 | Assente | 2,1 | Sufficiente |
| Parete verticale | M11 | 46 | Assente | 1,1 | Sufficiente |
| Parete verticale | M13 | 48 | Assente | 1,0 | Sufficiente |
| Pavimento | P1 | 44 | Assente | 0,3 | Sufficiente |
| Pavimento | P2 | 45 | Assente | 0,3 | Sufficiente |
| Pavimento | P3 | 37 | Assente | 1,0 | Sufficiente |

| | | | | | |
|-----------|----|----|---------|-----|-------------|
| Pavimento | P4 | 37 | Assente | 1,1 | Sufficiente |
| Copertura | S1 | 37 | Assente | 1,5 | Sufficiente |
| Copertura | S2 | 36 | Assente | 1,5 | Sufficiente |
| Copertura | S3 | 39 | Assente | 1,4 | Sufficiente |
| Copertura | S4 | 36 | Assente | 1,5 | Sufficiente |
| Copertura | S5 | 36 | Assente | 1,5 | Sufficiente |

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è scarso, pertanto si generano rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti in alluminio



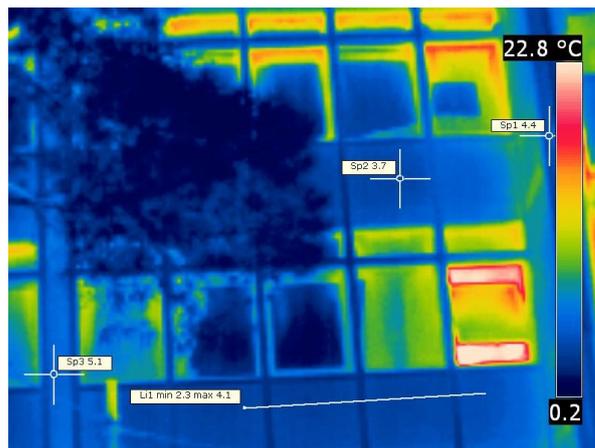
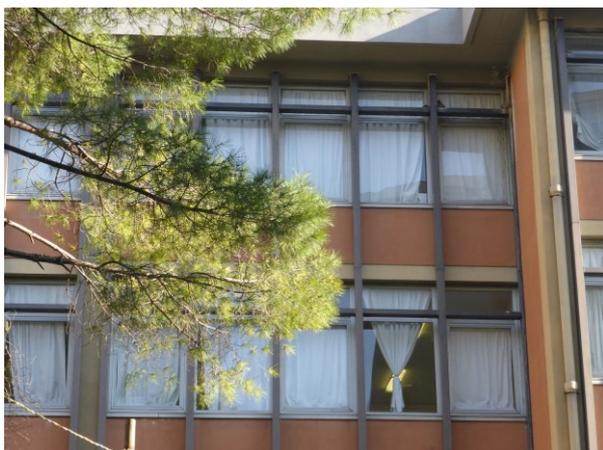
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le modalità seguite per l'involucro opaco.
- Rilievo dettagliato di tutti i telai dei serramenti dell'edificio;
- Misurazione diretta degli spessori dei vetri dei serramenti mediante misuratore laser (spessivetro) utilizzato in sede di sopralluoghi;

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La presenza del telaio esterno che incornicia le finestre sembra migliorarne le caratteristiche termiche, prendendo delle tonalità sull'azzurro. Tale anomalia potrebbe dipendere dal fatto che in realtà è semplicemente sovrapposto al telaio del serramento ed in aderenza solo in piccoli tratti.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | DIMENSIONI [LXH] [cm] | TIPO TELAIO | TIPO VETRO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|----------------------|--------|--------------------------|-------------|---------------|---------------------------------|------------------------|
| Serramento verticale | W1 | 618x304 | Alluminio | Vetro singolo | 4,2 | Scarso |
| Serramento verticale | W2 | 158x150 | Alluminio | Vetro singolo | 4,2 | Scarso |
| Serramento verticale | W3 | 158x150 | Alluminio | Vetro singolo | 4,1 | Scarso |
| Serramento verticale | W4 | 140x150 | Alluminio | Vetro singolo | 4,3 | Scarso |
| Serramento verticale | W5 | 75x150 | Alluminio | Vetro singolo | 6,8 | Scarso |
| Serramento verticale | W6 | 635x218 | Alluminio | Vetro singolo | 5,7 | Scarso |
| Serramento verticale | W7 | 155x220 | Alluminio | Vetro singolo | 6,2 | Scarso |
| Serramento verticale | W8 | 509x220 | Alluminio | Vetro singolo | 5,9 | Scarso |
| Serramento verticale | W9 | 125x220 | Alluminio | Vetro singolo | 4,8 | Scarso |
| Serramento verticale | W10 | 85x220 | Alluminio | Vetro singolo | 5,1 | Scarso |
| Serramento verticale | W11 | 109x109 | Alluminio | Vetro singolo | 6,8 | Scarso |
| Serramento verticale | W12 | 238x220 | Alluminio | Vetro singolo | 5,8 | Scarso |
| Serramento verticale | W13 | 225x110 | Alluminio | Vetro singolo | 6,1 | Scarso |
| Serramento verticale | W14 | 797x220 | Alluminio | Vetro singolo | 5,5 | Scarso |
| Serramento verticale | W15 | 622x220 | Alluminio | Vetro singolo | 5,7 | Scarso |
| Serramento verticale | W16 | 383x220 | Alluminio | Vetro singolo | 6,0 | Scarso |
| Serramento verticale | W17 | 127x313 | Alluminio | Vetro singolo | 6,0 | Scarso |
| Serramento verticale | W18 | 118x313 | Alluminio | Vetro singolo | 6,1 | Scarso |
| Serramento verticale | W19 | 122x220 | Alluminio | Vetro singolo | 6,2 | Scarso |
| Serramento verticale | W20 | 156x220 | Alluminio | Vetro singolo | 5,8 | Scarso |
| Serramento verticale | W21 | 156x313 | Alluminio | Vetro singolo | 4,2 | Scarso |
| Serramento verticale | W50 | 123x73 | Alluminio | Vetro singolo | 6,9 | Scarso |
| Serramento verticale | W51 | 160x73 | Alluminio | Vetro singolo | 6,7 | Scarso |
| Serramento verticale | W52 | 149x70 | Alluminio | Vetro singolo | 6,5 | Scarso |
| Serramento verticale | W53 | 149x70 | Alluminio | Vetro singolo | 6,5 | Scarso |
| Serramento verticale | W54 | 54x220 | Alluminio | Vetro singolo | 7,1 | Scarso |
| Serramento verticale | W55 | 125x205 | Alluminio | Vetro singolo | 3,0 | Scarso |
| Serramento verticale | W56 | 220x110 | Alluminio | Vetro singolo | 6,5 | Scarso |
| Serramento verticale | W57 | 94x313 | Alluminio | Vetro singolo | 6,3 | Scarso |
| Serramento verticale | W58 | 160x108 | Alluminio | Vetro singolo | 6,2 | Scarso |

| | | | | | | |
|----------------------|------|---------|-----------|---------------|-----|--------|
| Serramento verticale | W59 | 96x110 | Alluminio | Vetro singolo | 6,7 | Scarso |
| Serramento verticale | W60 | 100x50 | Alluminio | Vetro singolo | 7,1 | Scarso |
| Serramento verticale | W77 | 255x220 | Alluminio | Vetro singolo | 5,8 | Scarso |
| Serramento verticale | W90 | 176x73 | Alluminio | Vetro singolo | 6,9 | Scarso |
| Serramento verticale | W91 | 246x73 | Alluminio | Vetro singolo | 6,9 | Scarso |
| Lucernario | W100 | 60x60 | Alluminio | Vetro singolo | 7,6 | Scarso |

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano ed asservita alla climatizzazione invernale dell'intero edificio.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Aerotermi ad acqua;

I radiatori sono adibiti al riscaldamento di tutti i locali dell'edificio, ad eccezione della palestra in cui sono presenti 4 aerotermi.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati sulle pareti nelle aree di circolazione interna



Figura 4.7 - Particolare dei radiatori installati sulle pareti degli ambienti interni



Figura 4.8 - Particolare degli aerotermi installati nella 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 Media "Boccanegra-Enrico" e Scuola Vespertina "Borghoratti" | Radiatori a parete | 92% |
| Scuola Media "Boccanegra-Enrico" e Scuola Vespertina "Borghoratti" | Aerotermi | 93% |

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

| PIANO | TIPO DI TERMINALE | TIPO DI INSTALLAZIONE | NUMERO | POTENZA TERMICA UNITARIA | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA |
|---------------|-------------------|-----------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|
| | | | | [kW] | [kW] |
| Terra | Radiatore | Incassato a parete | 9 | 1.4 | 12.45 |
| Terra | Aerotermo | Installato a soffitto | 7 | 5.9 | 41.86 |
| Primo | Radiatore | Incassato a parete | 13 | 1.8 | 23.39 |
| Secondo | Radiatore | Incassato a parete | 16 | 2.4 | 37.57 |
| Terzo | Radiatore | Incassato a parete | 19 | 1.7 | 31.68 |
| Quarto | Radiatore | Incassato a parete | 16 | 2.1 | 33.87 |
| Quinto | Radiatore | Incassato a parete | 16 | 2.3 | 36.68 |
| TOTALE | | | 96 | 2.3 | 217.5 |

Nota (5): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un deltaT pari a 50 °C.

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

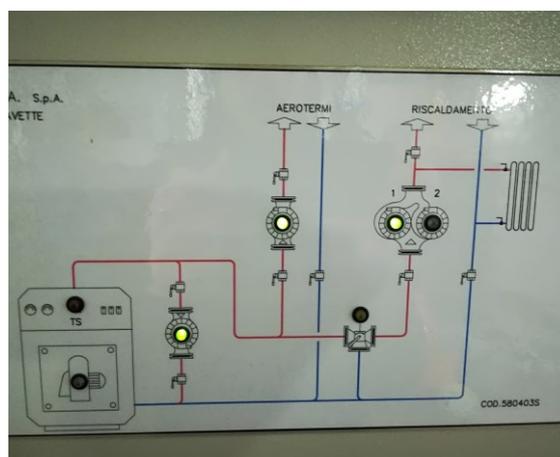
La regolazione del funzionamento dell'impianto termico avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e della curva climatica. La temperatura massima di mandata del sottosistema di generazione è fissata a 70°C.

Non sono state rilevate valvole termostatiche installate ai terminali di emissione né termostati ambiente asserviti alla regolazione dell'impianto termico.

Figura 4.9 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico



Figura 4.10 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico 2



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 Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borghoratti" | Climatica | 96% |

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il sistema di generazione ed il collettore caldo (fluido termovettore acqua);
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua);
- 3) Circuito secondario di mandata agli aerotermini (fluido termovettore acqua);
- 4) Pompa di circolazione gemellare (funzionamento alternato) asservita al circuito secondario dei radiatori;
- 5) Pompa di circolazione (funzionamento alternato) asservita al circuito secondario degli aerotermini;

Circuito primario

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

| CIRCUITO | | | TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾ | TEMPERATURA CALCOLO |
|---|---------|-------|-------------------------------------|---------------------|
| | | | °C | °C |
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borghoratti" | Mandata | Caldo | 70 | 73 |
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borghoratti" | Ritorno | Caldo | 60 | 58 |

Nota (6): Valori rilevati il giorno 12/12/2017 alle ore 11.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 12°C

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

Circuito secondario: sono presenti due pompe di circolazione per ciascuna mandata (calda) dei due circuiti secondari così denominati:

- Circuito radiatori;
- Circuito Aerotermini;

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

| NOME | | SERVIZIO | PORTATA ⁽⁷⁾ m ³ /h | PREVALENZA ⁽⁷⁾ kPa | POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ kW |
|--|---|------------------------------------|---|----------------------------------|--|
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borgoratti" | Elettropompa gemellare Grundfos UPSD 80-120 F | Mandata acqua calda a radiatori | 72 | 117.67 | 1.1 |
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borgoratti" | Elettropompa Grundfos UPS 40-120 F | Mandata acqua calda agli aerotermi | 22 | 117.67 | 0.46 |
| TOTALE | | | 94 | 235.34 | 1.56 |

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Nota (8): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

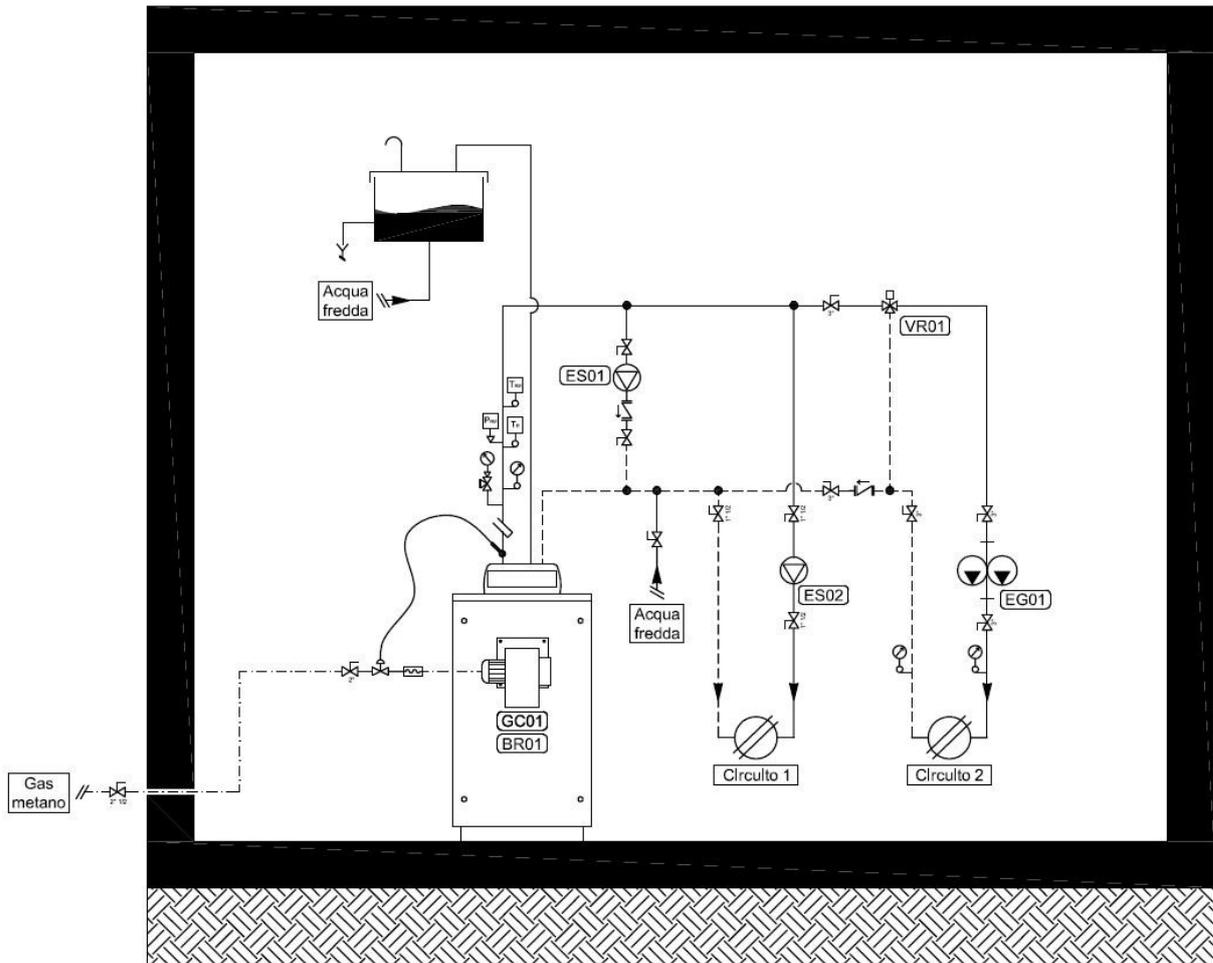
Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

| CIRCUITO | | TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁹⁾ °C | TEMPERATURA CALCOLO °C |
|--|-------------------|---|---------------------------|
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borgoratti" | Radiatori Mandata | 65 | 61 |
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borgoratti" | Radiatori Ritorno | 55 | 48 |
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borgoratti" | Aerotermi Mandata | 65 | 60 |
| Scuola Media "Boccanegra" e Scuola Vespertina "Borgoratti" | Aerotermi Ritorno | 55 | 57 |

Nota (9): Valori rilevati il giorno 12/12/2017 alle ore 11.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 12°C

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

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 166-P01-014-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 92,8% è stato calcolato tramite la norma UNI TS 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di un'unica caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano, di produzione Thermital modello THE/Q 575 con bruciatore bistadio Baltur TBG 60P-V.

Figura 4.12 - Particolare della caldaia Thermital THE/Q 575

Figura 4.13 - Particolare del bruciatore Baltur TBG 60P-V



Eventualmente inserire informazioni ed immagini rilevate tramite indagini diagnostiche]

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

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

| | Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁰⁾ kW] | POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁰⁾ kW] | RENDIMENTO ⁽¹¹⁾ | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁰⁾ kW] |
|-------|---------------|-----------|-----------|---------------------|--|--|----------------------------|--|
| Gen 1 | Riscaldamento | Thermital | THE/Q 575 | 2004 | 575 | 531.9 | 95.5 | 0.8 |

Nota (10): Valore ricavato tramite letture dei dati di targa rilevati in sede di sopralluogo

Nota (11): il valore riportato nella prova fumi dell'impianto risulta superiore a quello calcolato attraverso il modello energetico dell'edificio. Tale scostamento tra i valori di rendimento è dovuto alle differenti condizioni ambientali in cui è stata effettuata la prova fumi rispetto a quelle di calcolo del modello

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato calcolato nella DE tramite UNI TS 11300-2 ed è pari al 83,4%.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 e/o 6.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite tre bollitori elettrici ad accumulo

Figura 4.14 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

autonomi installati all'interno dei servizi igienici con una potenza di 1.2 kW caduno.



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% | [-] | [-] | 31% | 28.7% |

Nota (12) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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 stampanti, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

| LOCALE TERMICO | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE | POTENZA COMPLESSIVA | ORE ANNUE DI UTILIZZO |
|---------------------|-------------|--------|------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | [W] | [W] | [ore] |
| Aule P3 | Stampante | 2 | 550 | 1100 | 824 |
| Aule P3 | PC | 2 | 65 | 130 | 824 |
| Aule P4 | LIM | 4 | 150 | 600 | 1648 |
| Scale lato sinistro | Ascensore | 1 | 2600 | 2600 | [-] |

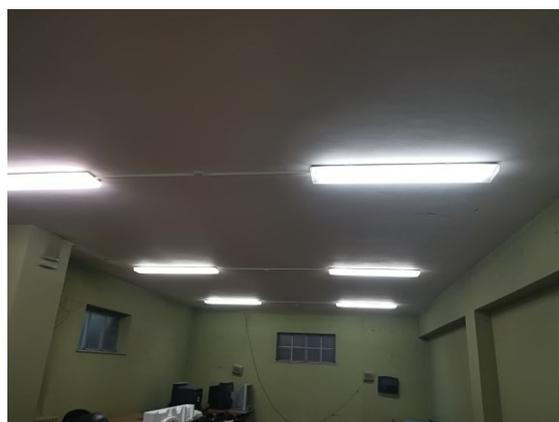
Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, al rilevamento dei dati di targa dei singoli dispositivi e all'intervista dell'utenza per meglio comprenderne le modalità di utilizzo. Non si è ritenuto necessario procedere con attività diagnostiche degli impianti elettrici data la tipologia e l'uso degli stessi.

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade al neon (tubi a fluorescenza) in tutti i locali.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei locali dell'edificio



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] |
|--------------------------|---------------------|-----------------|------------------------|---------------------------|
| spogliatoi palestra | Tubi a fluorescenza | 30(36W)+10(18W) | 18-36 | 1260 |
| palestra | Tubi a fluorescenza | 76 | 36 | 2736 |
| scala sx | Tubi a fluorescenza | 1 | 18 | 18 |
| sala riunioni e lab | Tubi a fluorescenza | 56 | 36 | 2016 |
| corridoio p1 | Tubi a fluorescenza | 13 | 36 | 468 |
| wc p1 | Tubi a fluorescenza | 4(36W)+12(18W) | 18-36 | 360 |
| aule p2 | Tubi a fluorescenza | 56 | 36 | 2016 |
| wc p2 | Tubi a fluorescenza | 4(36W)+12(18W) | 18-36 | 360 |
| corridoio p2 | Tubi a fluorescenza | 8 | 36 | 288 |
| scala dx | Tubi a fluorescenza | 7 | 36 | 252 |
| aule p3 | Tubi a fluorescenza | 24 | 36 | 864 |
| uffici/sale medica/varie | Tubi a fluorescenza | 40(36W)+4(18W) | 18-36 | 1512 |
| wc p3 | Tubi a fluorescenza | 4(36W)+12(18W) | 18-36 | 360 |
| corridoio p3 | Tubi a fluorescenza | 8 | 36 | 288 |
| aule p4 | Tubi a fluorescenza | 56 | 36 | 2016 |
| wc p4 | Tubi a fluorescenza | 4(36W)+12(18W) | 18-36 | 360 |
| corridoio 4 | Tubi a fluorescenza | 8 | 36 | 288 |
| aule p5 | Tubi a fluorescenza | 52(36W)+32(18W) | 18-36 | 2448 |
| wc p5 | Tubi a fluorescenza | 4(36W)+12(18W) | 18-36 | 360 |
| corridoio p5 | Tubi a fluorescenza | 8 | 36 | 288 |
| sottotetto | Tubi a fluorescenza | 22(18W)+18(36W) | 18-36 | 1044 |

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.

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni. Tramite colloquio col personale didattico si è poi definito la reale modalità di utilizzo di tali sistemi e l'orario di funzionamento.

Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



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 e la produzione di ACS è il Gas Metano. Per il solo anno 2014 si è impiegato il 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] |
|-------------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| Metano | n/a | n/a | 9,94 (*) | 1,0549 | 9,42 |
| Gasolio | 11,87 (*) | 0,85 | n/a | n/a | 10,09 |

Nota (13) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di 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 [mc] | 2015 [mc] | 2016 [mc] | 2014 [kWh] | 2015 [kWh] | 2016 [kWh] |
|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 03270050353150 | Riscaldamento | 12.049 | 26.416 | 28.835 | 272.799 | 248.837 | 271.626 |

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione alla PA, si è provveduto a ricostruire i consumi mensili.

I consumi ricostruiti nelle modalità indicate dalla stazione appaltante sono riportati nella Tabella 5.3.

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

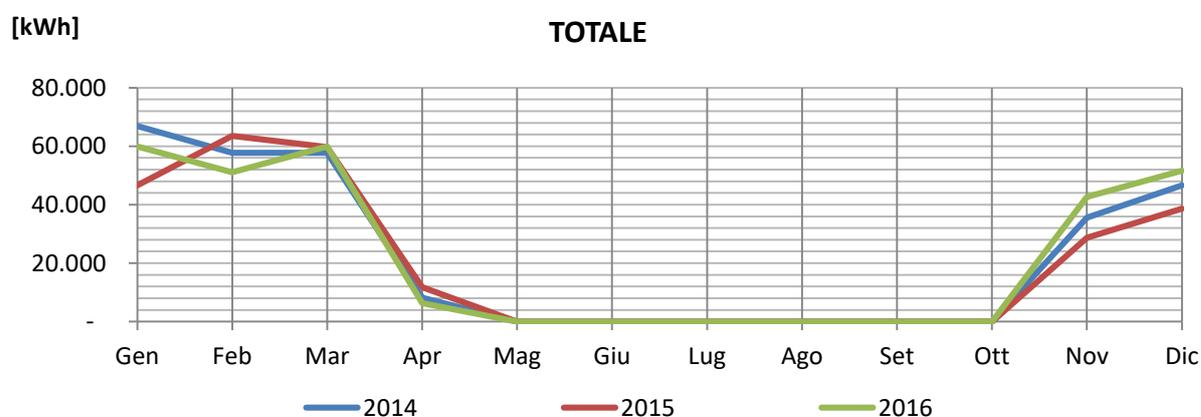
| PDR: 03270050353150 | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|------------------------|------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Mese di riferimento | [mc] | [mc] | [mc] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | - | 4.947 | 6.367 | 66.921 | 46.599 | 59.980 |
| Febbraio | - | 6.741 | 5.426 | 57.764 | 63.500 | 51.115 |
| Marzo | - | 6.337 | 6.362 | 57.757 | 59.693 | 59.932 |
| Aprile | - | 1.247 | 665 | 8.141 | 11.749 | 6.260 |
| Maggio | - | - | - | - | - | - |
| Giugno | - | - | - | - | - | - |
| Luglio | - | - | - | - | - | - |
| Agosto | - | - | - | - | - | - |
| Settembre | - | - | - | - | - | - |
| Ottobre | - | - | - | - | - | - |
| Novembre | - | 3.048 | 4.534 | 35.573 | 28.710 | 42.713 |
| Dicembre | - | 4.096 | 5.480 | 46.646 | 38.588 | 51.626 |
| Totale | - | 26.416 | 28.835 | 272.803 | 248.839 | 271.626 |

Nota (14) per il PDR 1: Esclusivamente per l'anno 2014 si riporta in consumo in kWh come somma dei due consumi di metano e gasolio. Per il PDR2 mancano le fatturazioni dell'anno 2014.

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione in quanto la PA ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Il consumo disponibile è di tipo annuale e non è stato quindi possibile effettuare un'analisi puntuale mensile dei consumi, ma come specificato dalla stazione appaltante "tali consumi dovranno essere riportati tra le varie mensilità in funzione dell'effettivo funzionamento stagionale degli impianti e dei Gradi Giorno reali".

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che si ha un comportamento proporzionale a quella che è la variazione di temperatura rilevata negli anni di analisi (la struttura del calcolo si basa sulla loro variazione nei mesi della stagione termica). Non

risulta essere però molto significativo in termini di reale consumo non essendo disponibili le fatturazioni.

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.

Tale consumo è stato valutato esclusivamente ad uso riscaldamento. L'acqua calda sanitaria un altro vettore energetico.

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| ANNO | GG _{REAL} SU 116 GIORNI | GG _{RIF} SU 116 GIORNI | CONSUMO REALE RISC. Smc] | CONSUMO REALE RISC. kWh] | α_{rif} | CONSUMO NORMALIZZATO A 989 GG kWh] | CONSUMO ACS kWh] | CONSUMO ALTRO kWh] |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|---|------------------------|--------------------------|
| 2014 | 922 | 989 | | 272.835 | | 292.721 | - | - |
| 2015 | 974 | 989 | 26.416 | 248.910 | 255,4 | 252.762 | - | - |
| 2016 | 1.055 | 989 | 28.835 | 271.703 | 257,5 | 254.760 | - | - |
| Media | 922 | 989 | | 264.483 | 268,8 | 265.932 | - | - |

Per la presenza combinata di gasolio e metano nel 2014 è stata riportata in tabella la somma in kWh dei due vettori energetici. Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di importanti interventi di efficientamento. Nel 2014 si

è sostituito il vettore energetico convertendo la centrale termica da gasolio e metano. È possibile che queste riduzioni, congiuntamente ad un utilizzo diverso dei locali negli anni percenti, possano essere le concause tali da generare un abbassamento dei consumi.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

| GRANDEZZA | VALORE |
|---------------------------------|----------------|
| | [Kwh] |
| \bar{Q}_{ACS} | - |
| \bar{Q}_{ALTRO} | - |
| $\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$ | 265.932 |
| $Q_{baseline}$ | 265.932 |

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola media "Boccanegra Enrico";

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

| POD | ZONA SERVITA | 2014 | 2015 | 2016 | MEDIA |
|----------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| IT001E00096708 | Scuola media "Boccanegra" | 23.882 | 24.652 | 26.129 | 24.888 |
| TOTALE | | 23.882 | 24.652 | 26.129 | 24.888 |

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E211) e sono emerse le seguenti differenze

2014 : 23.882 kWh (0%)

2015 : 27.338 kWh (-11%)

2016 : 28.509 kWh (-9%)

Media : 26.576 kWh (-7%)

I consumi rilevati da fatturazione sono mediamente più bassi del 7% rispetto quelli rilevati dalla PA. In questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 24.888, quello rilevato dall'Auditor nella fase di analisi della fatturazione.

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

| POD: IT001E00096708 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 2.162 | 369 | 658 | 3.189 |
| Febbraio | 2.050 | 374 | 467 | 2.891 |
| Marzo | 2.114 | 396 | 489 | 2.999 |
| Aprile | 1.609 | 287 | 419 | 2.315 |
| Maggio | 1.209 | 269 | 416 | 1.894 |
| Giugno | 614 | 166 | 295 | 1.075 |
| Luglio | 306 | 151 | 253 | 710 |
| Agosto | 180 | 145 | 278 | 603 |
| Settembre | 878 | 218 | 270 | 1.366 |
| Ottobre | 1.437 | 279 | 258 | 1.974 |
| Novembre | 1.771 | 313 | 346 | 2.430 |
| Dicembre | 1.717 | 338 | 381 | 2.436 |
| Totale | 16.047 | 3.305 | 4.530 | 23.882 |
| POD: IT001E00096708 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 2.015 | 392 | 446 | 2.853 |
| Febbraio | 2.013 | 417 | 300 | 2.730 |
| Marzo | 1.549 | 312 | 349 | 2.210 |
| Aprile | 1.025 | 232 | 328 | 1.585 |
| Maggio | 1.266 | 424 | 545 | 2.235 |
| Giugno | 582 | 218 | 332 | 1.132 |
| Luglio | 320 | 228 | 332 | 880 |
| Agosto | 319 | 227 | 332 | 878 |
| Settembre | 891 | 316 | 391 | 1.598 |
| Ottobre | 1.973 | 423 | 284 | 2.680 |
| Novembre | 2.385 | 466 | 348 | 3.199 |
| Dicembre | 1.879 | 368 | 425 | 2.672 |
| Totale | 16.217 | 4.023 | 4.412 | 24.652 |
| POD: IT001E00096708 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 2.216 | 444 | 425 | 3.085 |
| Febbraio | 2.318 | 463 | 348 | 3.129 |
| Marzo | 2.055 | 426 | 367 | 2.848 |
| Aprile | 1.602 | 449 | 444 | 2.495 |
| Maggio | 1.625 | 331 | 287 | 2.243 |
| Giugno | 575 | 270 | 287 | 1.132 |
| Luglio | 213 | 235 | 276 | 724 |
| Agosto | 202 | 145 | 273 | 620 |
| Settembre | 998 | 289 | 297 | 1.584 |
| Ottobre | 1.670 | 425 | 314 | 2.409 |
| Novembre | 2.199 | 516 | 401 | 3.116 |
| Dicembre | 1.661 | 476 | 607 | 2.744 |
| Totale | 17.334 | 4.469 | 4.326 | 26.129 |

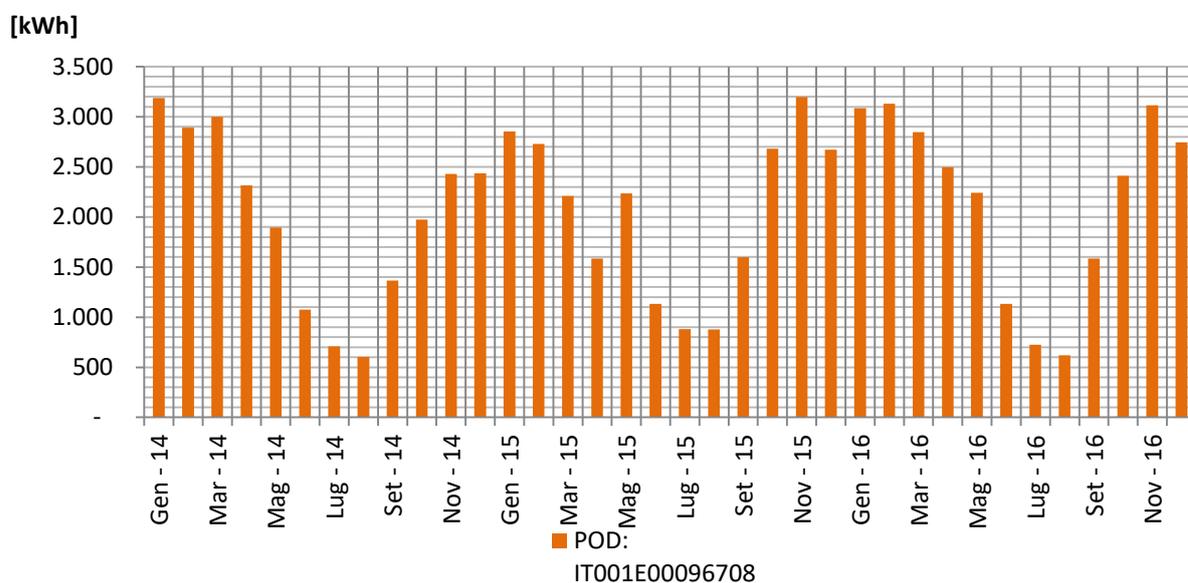
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|-----------|--------|-------|-------|--------|
| | kWh] | kWh] | kWh] | kWh] |
| Gennaio | 2.131 | 402 | 510 | 3.042 |
| Febbraio | 2.127 | 418 | 372 | 2.917 |
| Marzo | 1.906 | 378 | 402 | 2.686 |
| Aprile | 1.412 | 323 | 397 | 2.132 |
| Maggio | 1.367 | 341 | 416 | 2.124 |
| Giugno | 590 | 218 | 305 | 1.113 |
| Luglio | 280 | 205 | 287 | 771 |
| Agosto | 234 | 172 | 294 | 700 |
| Settembre | 922 | 274 | 319 | 1.516 |
| Ottobre | 1.693 | 376 | 285 | 2.354 |
| Novembre | 2.118 | 432 | 365 | 2.915 |
| Dicembre | 1.752 | 394 | 471 | 2.617 |
| Totale | 16.533 | 3.932 | 4.423 | 24.888 |

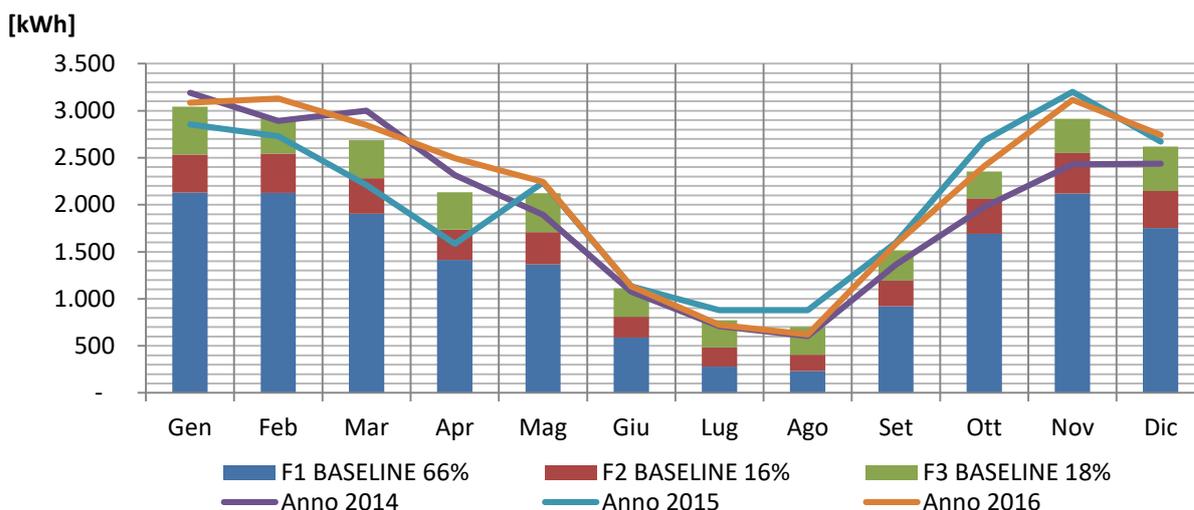
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti di anno in anno. I minimi consumi si hanno nei mesi estivi di luglio ed agosto quando l'attività della scuola è molto ridotta. Tale contributo può essere dovuto all'attività di segreteria e alla presenza di consumi in stand-by delle numerose apparecchiature presenti nella struttura, infatti le porzioni delle fasce orarie in F1, F2 ed E3 sono tra loro comparabili senza che una domini sulle altre così come accade invece negli altri mesi. In quest'ultimo caso il consumo maggiore si ha nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente prevalente.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto il contatore installato nella scuola ha una potenza minore di 55 kW, soglia necessaria per questo tipo di analisi. Pertanto non è stato possibile analizzare i profili giornalieri rappresentativi nelle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

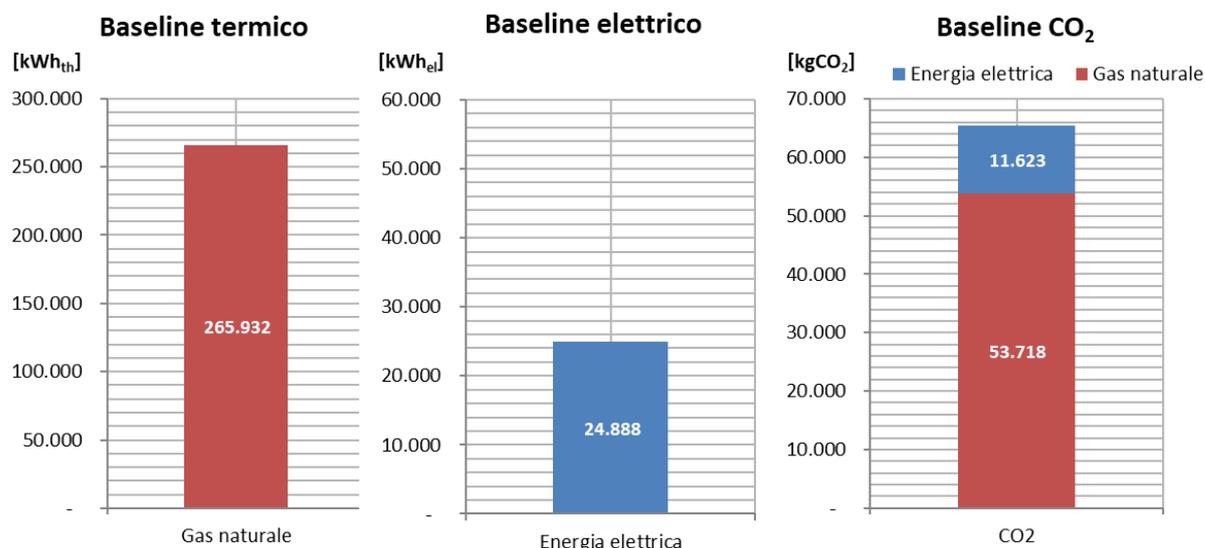
| COMBUSTIBILE | FATTORE DI CONVERSIONE |
|-------------------|------------------------|
| | tCO ₂ /MWh |
| Energia elettrica | * 0,467 |
| Gas naturale | * 0,202 |

* 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 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | | FATTORE DI CONVERSIONE |
|-------------------|---------------------|-------|------------------------|
| | [kWh] | | tCO ₂ /MWh] |
| Gas naturale | 265.932 | 0,202 | 53.718 |
| Energia elettrica | 24.888 | 0,467 | 11.623 |

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO₂.

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

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO | | VALORE | U.M. |
|-----------|---|--------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta riscaldata | 2.969 | m ² |
| FATTORE 1 | Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) | 3.234 | m ³ |
| FATTORE 1 | Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate) | 14.502 | m ³ |

Nella Tabella 5.13 e

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

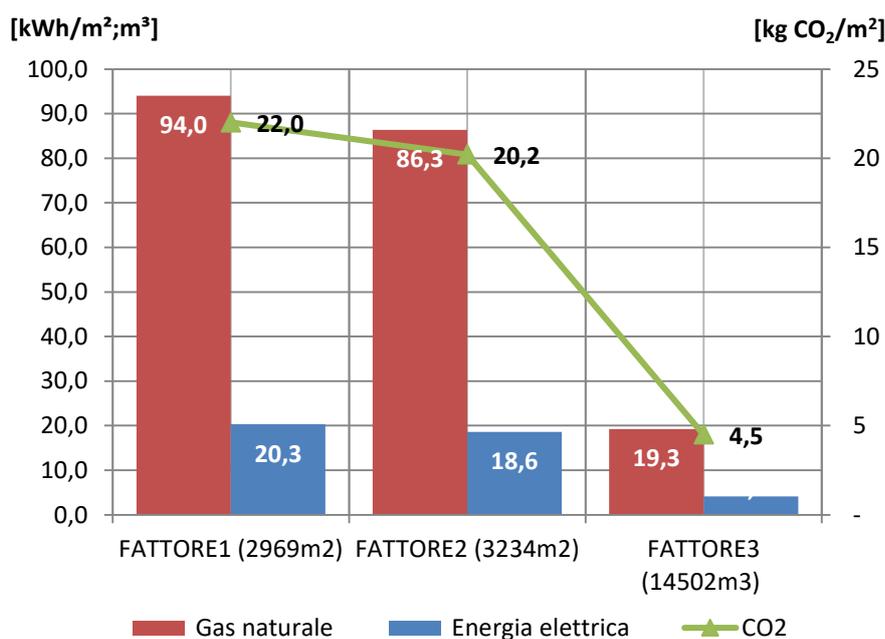
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale.

| VEETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE NE ENERGIA | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | INDICATORI AMBIENTALI |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------|
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------|

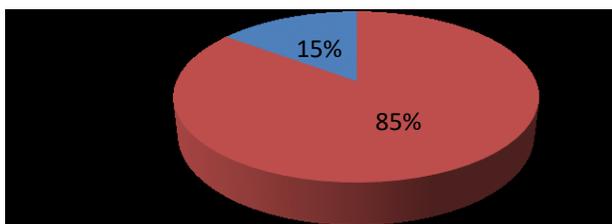
| | | PRIMARIA TOTALE | TOTALE | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 |
|-------------------|------------|--------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | [kWh/anno] | | [kWh/anno] | [kWh/m ²] | [kWh/m ²] | [kWh/m ³] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 265.932 | 1,05 | 279.229 | 94,0 | 86,3 | 19,3 | 18,09 | 16,61 | 3,70 |
| Energia elettrica | 24.888 | 2,42 | 60.228 | 20,3 | 18,6 | 4,2 | 3,91 | 3,59 | 0,80 |
| TOTALE | | | 339.457 | 114 | 105 | 23 | 22 | 20 | 5 |

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

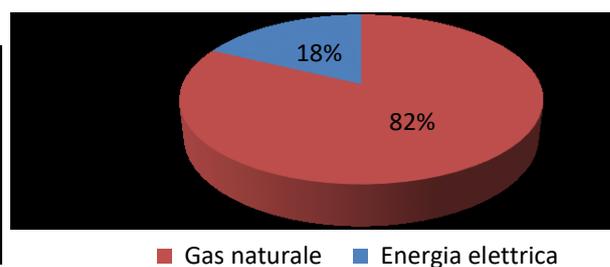
| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|-----------------------|--------------------------------------|---|--|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 | FATTORE 1 | FATTORE 2 | FATTORE 3 |
| | [kWh/anno] | | [kWh/anno] | [kWh/m ²] | [kWh/m ²] | [kWh/m ³] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ²] | [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 265.932 | 1,05 | 279.229 | 94,0 | 86,3 | 19,3 | 18,09 | 16,61 | 3,70 |
| Energia elettrica | 24.888 | 1,95 | 48.531 | 16,3 | 15,0 | 3,3 | 3,91 | 3,59 | 0,80 |
| TOTALE | | | 327.760 | 110 | 101 | 23 | 22 | 20 | 5 |

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici 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 5.15 – Indicatori di performance energetici

| COMBUSTIBILE | IEN _R | | | IEN _E | | |
|-------------------|-----------------------------|-------|-------|--------------------------|------|------|
| | Wh/(m ³ GG anno) | | | Wh/(m ² anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 20,02 | 17,29 | 17,42 | - | - | - |
| Energia elettrica | - | - | - | 5,91 | 6,76 | 7,05 |

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo mediamente classi di merito Insufficiente per il riscaldamento ed Buono per l'energia elettrica.

Si rimanda nell'allegato M il dettaglio riassuntivo di tutti gli indici di performance in condizioni standard ed adattati all'utenza.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

In occasione del sopralluogo dell'edificio sono emersi alcuni dubbi in merito alle caratteristiche stratigrafiche del fabbricato (e relativamente all'eventuale presenza di isolanti all'interno dei muri verticali e/o degli orizzontamenti). Tali dubbi si sono protratti anche a seguito dell'analisi dei dati in possesso e relativamente all'anno di costruzione dell'edificio (1980: come da dati forniti dalla Stazione Appaltante). Si è ritenuto necessario proporre alla Stazione Appaltante (attraverso una comunicazione ufficiale) di eseguire alcune ispezioni forometriche dell'involucro come da metodologia proposta in sede di Offerta Tecnica. L'esigenza di validare il modello energetico termico, nel rispetto del cronoprogramma (sui consumi storici), ha portato ad ipotizzare l'involucro termico del fabbricato utilizzando le seguenti informazioni in possesso: l'analisi termografica (non invasiva), la norma UNI/TR 11552 (senza grandi riscontri tra l'edificio in oggetto e le casistiche proposte dalla norma) e l'esperienza pluriennale maturata su molteplici edifici di analoghe caratteristiche sui quali la Società Aggiudicataria ha effettuato servizi di Diagnosi Energetiche. Le ipotesi d'involucro effettuate (descritte nel paragrafo 4.1.1) hanno portato alla validazione del Modello Energetico con un errore non superiore al 5%.

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | U.M. |
|--|-------------------|-------------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| Globale | EP _{gl} | 192.87 | kWh/mq anno | 197.03 | kWh/mq anno |
| Climatizzazione invernale | EP _H | 176.86 | kWh/mq anno | 177.16 | kWh/mq anno |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | 0.29 | kWh/mq anno | 0.36 | kWh/mq anno |
| Ventilazione | EP _v | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Raffrescamento | EP _c | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Illuminazione artificiale | EP _L | 14.53 | kWh/mq anno | 18.04 | kWh/mq anno |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | 1.19 | kWh/mq anno | 1.48 | kWh/mq anno |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | 38 | Kg/mq anno | 39 | Kg/mq anno |

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 | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|--|
| | [Nm ³ /anno] | [kWh/anno] | |
| Gas Naturale | 49953 | 521363 | |
| | [kWh/anno] | [kWh/anno] | |
| Energia Elettrica | 26273 | 51233 | |

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

Dove:

- $Q_{teorico}$ è il fabbisogno teorico dell'edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- $Q_{baseline}$ è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell'edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

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 l'orario di funzionamento effettivo dell'impianto termico e gli indici di occupazione reali dell'edificio.

Nella Tabella 6.5 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

Tabella 6.3 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | U.M. |
|--|-------------------|----------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| Globale | EP _{gl} | 106.99 | kWh/mq anno | 111 | kWh/mq anno |
| Climatizzazione invernale | EP _H | 90.98 | kWh/mq anno | 91.13 | kWh/mq anno |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | 0.29 | kWh/mq anno | 0.36 | kWh/mq anno |
| Ventilazione | EP _v | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Raffrescamento | EP _c | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Illuminazione artificiale | EP _L | 14.53 | kWh/mq anno | 18.04 | kWh/mq anno |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | 1.19 | kWh/mq anno | 1.48 | kWh/mq anno |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | 27 | Kg/mq anno | 29 | Kg/mq anno |

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | |
|-----------------------------|-------------------------|--|----------------------------------|--|
| | [Nm ³ /anno] | | [kWh/anno] | |
| Gas Naturale | 25692 | | 268147 | |
| | [kWh/anno] | | [kWh/anno] | |
| Energia Elettrica | 27165 | | 52971.75 | |

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 6.5a – Validazione del modello energetico termico “Dicca” (valutazione adattata all’utenza)

| $Q_{teorico}$ | $Q_{baseline}$ | Congruità |
|---------------|----------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 255378,48 | 265932 | -4.13 |

Così come già indicato nel paragrafo 3.3 si è proceduto con un’ulteriore verifica della validità dei dati climatici della stazione DICCA attraverso una seconda validazione del modello utilizzando i GG ottenuti con i dati climatici della stazione ARPAL QUEZZI.

Anche in questo caso il modello risulta validato confermando la correttezza del modello e dei dati climatici presi a riferimento.

Tabella 6.6b – Validazione del modello energetico termico “Quezzi” (valutazione adattata all’utenza)

| $Q_{teorico}$ | $Q_{baseline}$ | Congruità |
|---------------|----------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 255378,48 | 265932 | -2.81 |

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] | [%] |
| 27165 | 26576 | 2.71 |

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

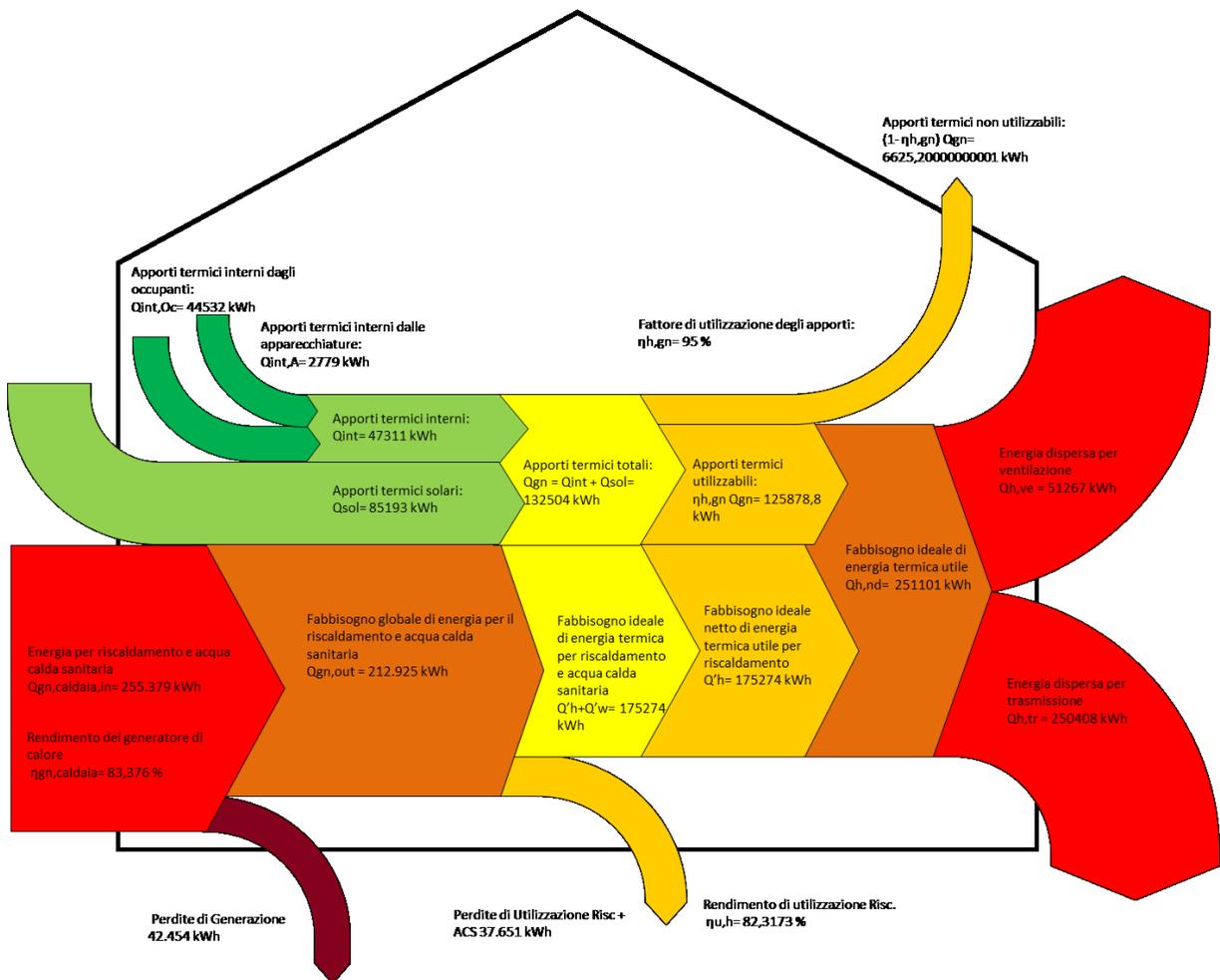
puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

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

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

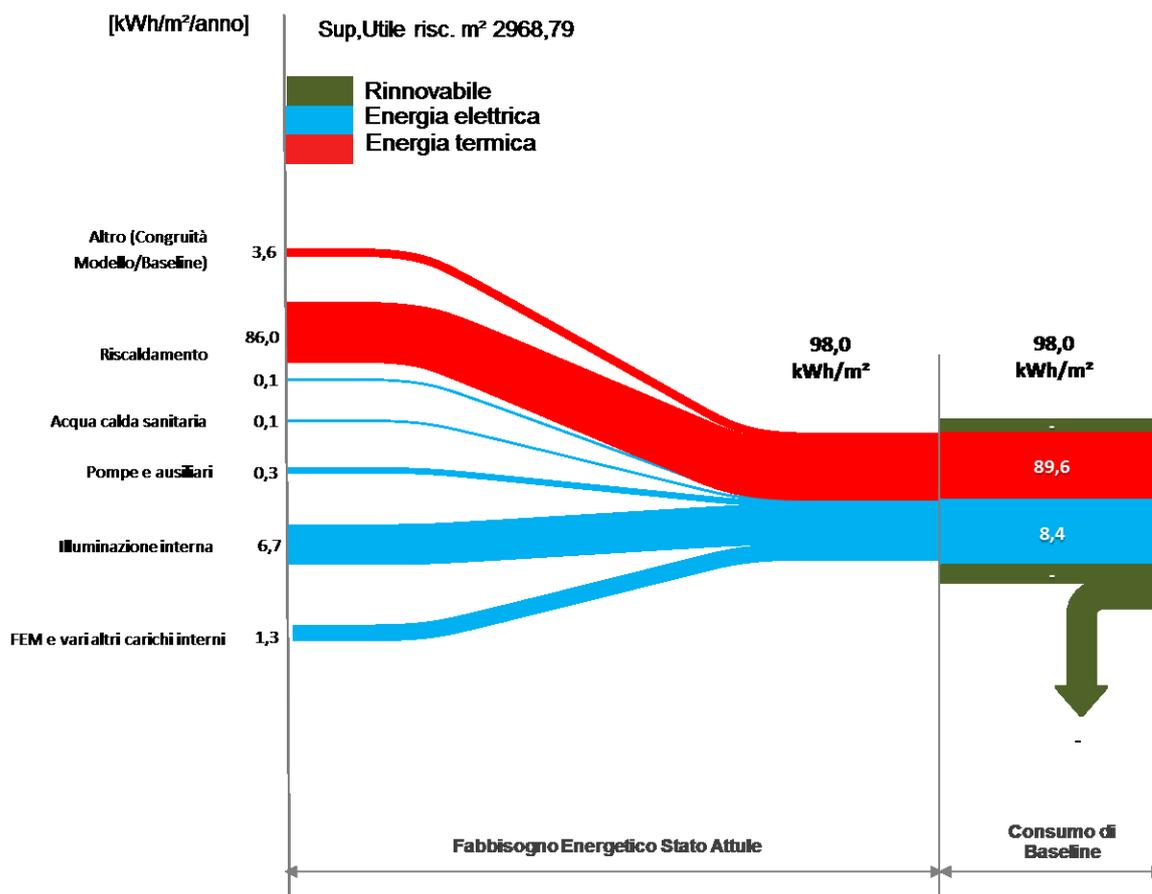
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

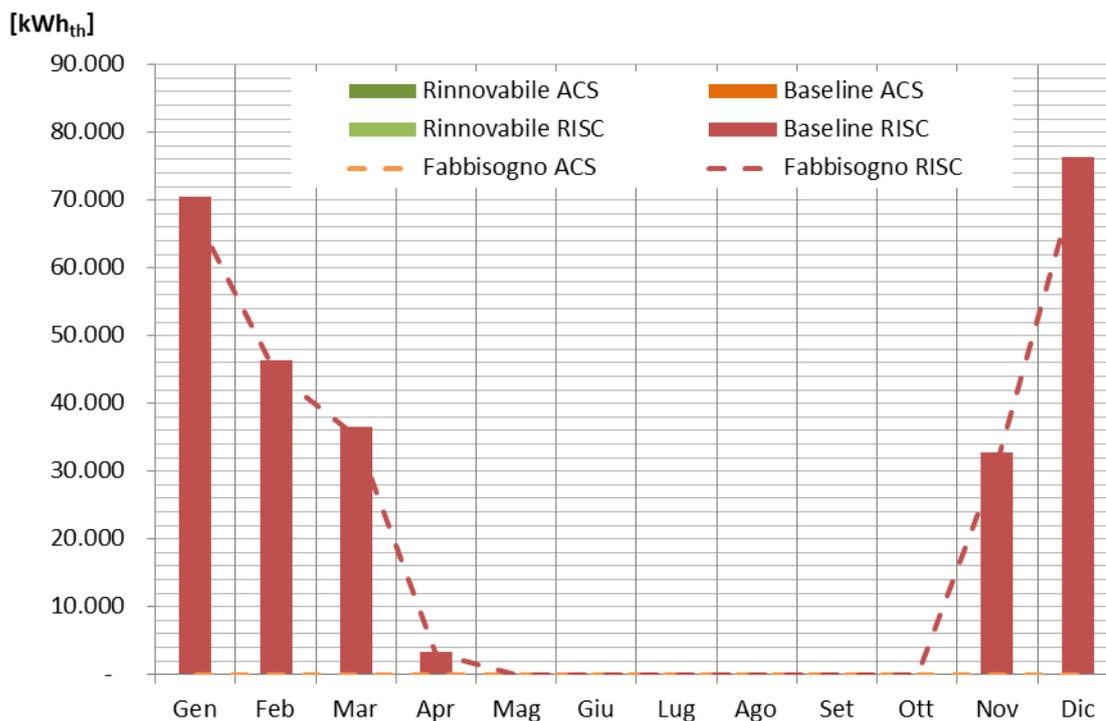


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

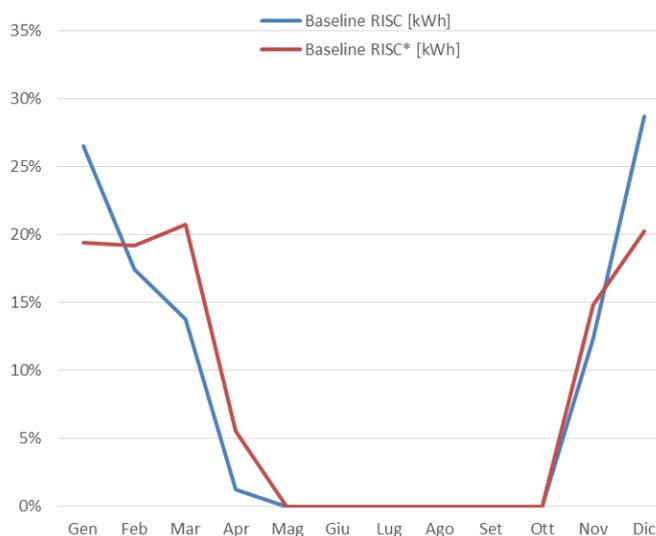
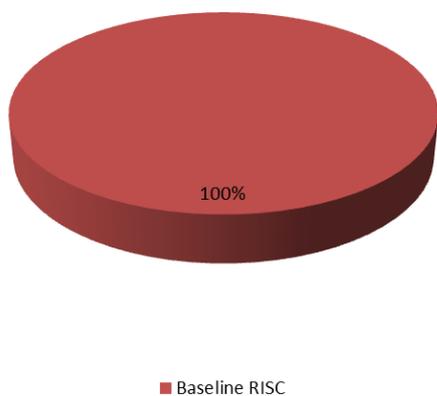
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione   riportata in figura 6.3

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



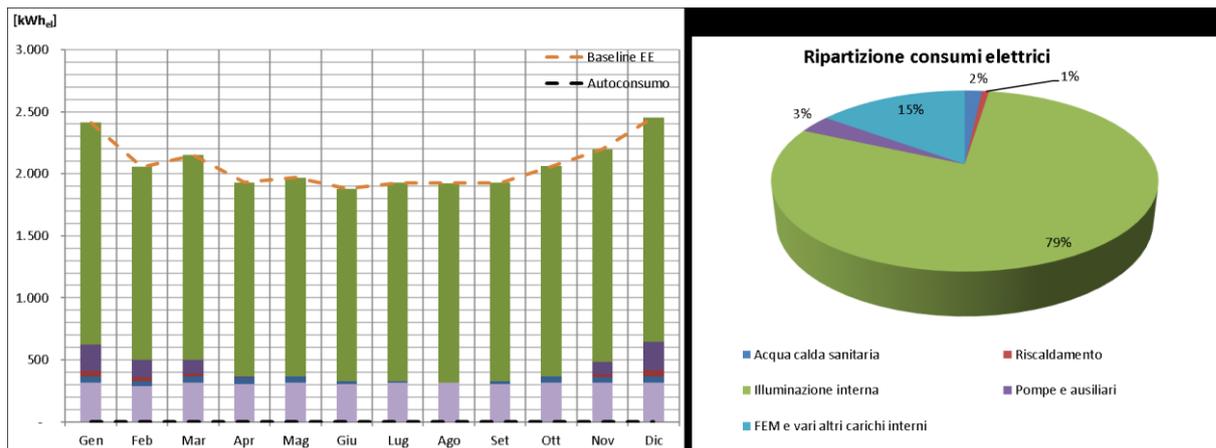
Ripartizione consumi termici



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

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in Figura 6.4

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al servizio di illuminazione interna dell'edificio e di acqua calda sanitaria, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270050353150: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;

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

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

| PDR: 03270050353150 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|------------------|------------------------------------|---|---------|-----|--------------|----------------------|---------------------------------------|
| ANNO 2014 | €] | €] | €] | €] | €] | €] | KWH] | KWH] |
| Gennaio | | | | | | | | |
| Febbraio | | | | | | 5.378 | 66.921 | 0,080 |
| Marzo | | | | | | 4.642 | 57.764 | 0,080 |
| Aprile | | | | | | 4.641 | 57.757 | 0,080 |
| Maggio | | | | | | 654 | 8.141 | 0,080 |
| Giugno | | | | | | - | - | - |
| Luglio | | | | | | - | - | - |
| Agosto | | | | | | - | - | - |
| Settembre | | | | | | - | - | - |
| Ottobre | | | | | | - | - | - |
| Novembre | | | | | | - | - | - |
| Dicembre | | | | | | 2.859 | 35.573 | 0,080 |
| Totale | - | - | - | - | - | 3.749 | 46.646 | 0,080 |
| PDR: 03270050353150 | 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] |
| Gennaio | | | | | | 3.755 | 46.599 | 0,081 |
| Febbraio | | | | | | 5.116 | 63.500 | 0,081 |
| Marzo | | | | | | 4.810 | 59.693 | 0,081 |
| Aprile | | | | | | 947 | 11.749 | 0,081 |
| Maggio | | | | | | - | - | - |
| Giugno | | | | | | - | - | - |

| Luglio | - | - | - | | | | | |
|------------------------|------------------|------------------------------------|---|----------|----------|---------------|----------------------|---------------------------------------|
| Agosto | - | - | - | | | | | |
| Settembre | - | - | - | | | | | |
| Ottobre | - | - | - | | | | | |
| Novembre | 2.313 | 28.710 | 0,081 | | | | | |
| Dicembre | 3.109 | 38.588 | 0,081 | | | | | |
| Totale | - | - | - | | | | | |
| | | 20.050 | 248.839 | | | | | |
| | | | 0,081 | | | | | |
| PDR: 03270050353150 | 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] |
| Gennaio | | | | | | 4.814 | 59.980 | 0,080 |
| Febbraio | | | | | | 4.102 | 51.115 | 0,080 |
| Marzo | | | | | | 4.810 | 59.932 | 0,080 |
| Aprile | | | | | | 502 | 6.260 | 0,080 |
| Maggio | | | | | | - | - | - |
| Giugno | | | | | | - | - | - |
| Luglio | | | | | | - | - | - |
| Agosto | | | | | | - | - | - |
| Settembre | | | | | | - | - | - |
| Ottobre | | | | | | - | - | - |
| Novembre | | | | | | 3.428 | 42.713 | 0,080 |
| Dicembre | | | | | | 4.143 | 51.626 | 0,080 |
| Totale | - | - | - | - | - | 21.799 | 271.626 | 0,080 |

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dal file gas-MTutela_Rev02, implementato sul file Grafici_Template.

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 dall'AEEGSI.

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

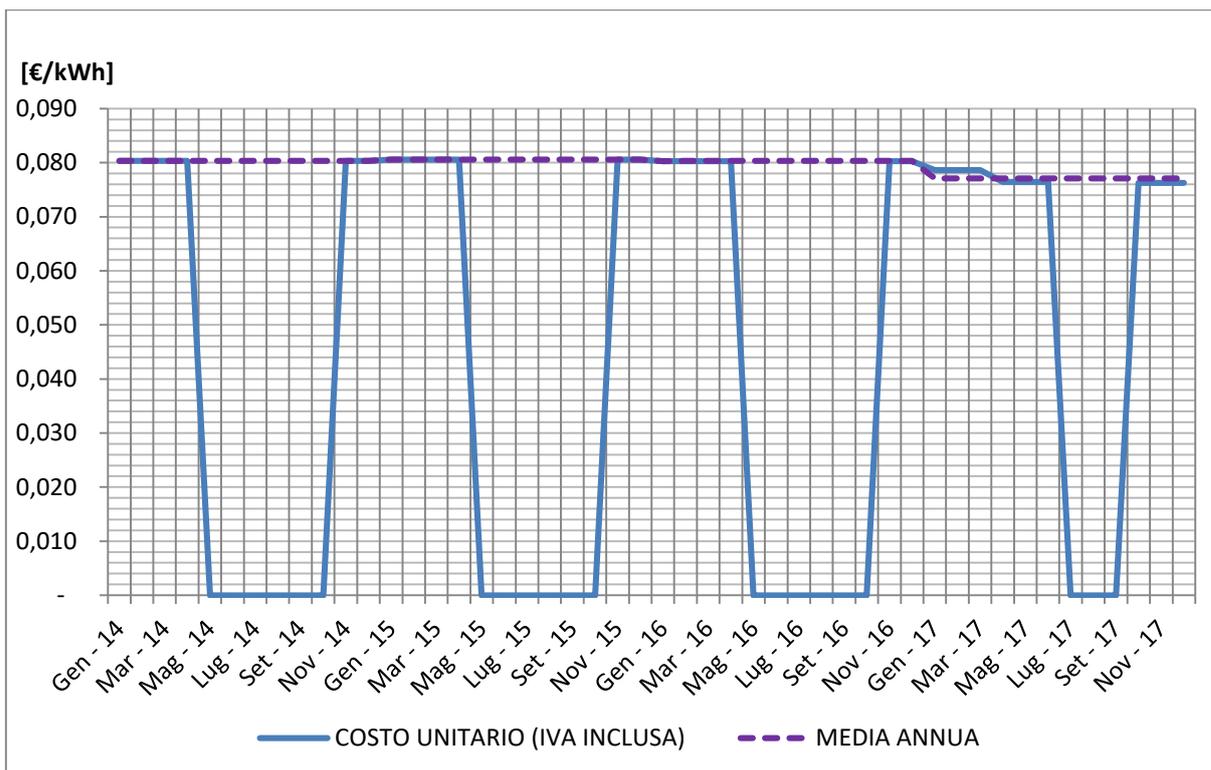
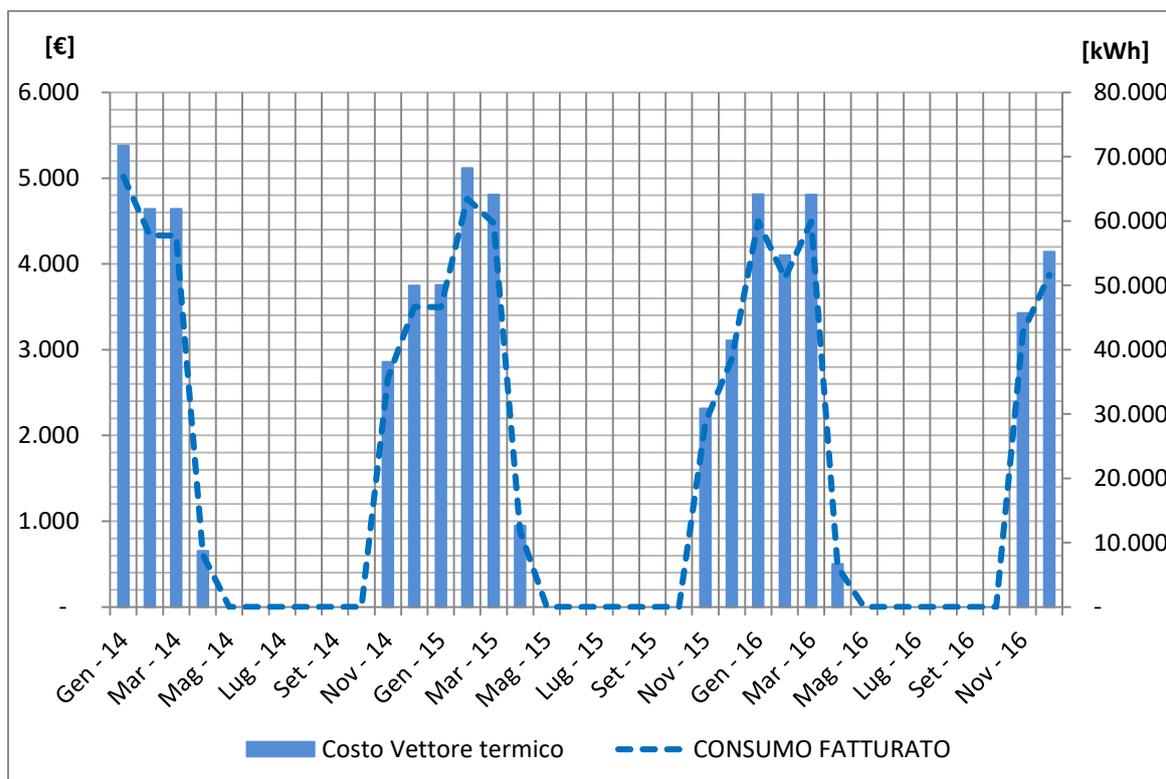


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa l'unica componente. Come già detto tale consumo non è reale ma è ricostruito secondo le indicazioni della PA e riportati tra le varie mensilità in funzione dell'effettivo funzionamento stagionale e dei GG reali. Anche il costo medio è stato fornito dall'elaborazione dei fogli di calcolo disponibili.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096708: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

| POD: IT001E00096708 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | Piazza Rotonda n. 2 Genova (GE) | Piazza Rotonda n. 2 Genova (GE) | Piazza Rotonda n. 2 Genova (GE) |
| Società di fornitura | Forniture in BT (escluso IP) | Gala | Iren |
| Inizio periodo fornitura | 01/10/13 | 01/04/15 | 01/04/16 |
| Fine periodo fornitura | 31/03/15 | 31/03/16 | - |
| Potenza elettrica impegnata | 37 kW | 30 kW | 30 kW |
| Potenza elettrica disponibile | 37 kW | 37 kW | 37 kW |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT (escluso IP) | 380 V | BT, Allacciamento 380 V |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁵⁾ | Trioraria | Trioraria | Trioraria |
| Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽¹⁶⁾ | 0,084 | 0,094 | 0,103 |

Nota (15) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (16): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

| POD: IT001E00096708 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURAT O | COSTO UNITARIO |
|------------------------|------------------|------------------------------------|---|---------|-----|--------|--------------------------|-------------------|
| Anno 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [kWh] | [€/kWh] |
| Gennaio | 246 | 38 | 359 | 40 | 68 | 751 | 3.189 | 0,235 |
| Febbraio | 226 | 37 | 338 | 36 | 64 | 701 | 2.891 | 0,243 |
| Marzo | 234 | 39 | 345 | 37 | 66 | 721 | 2.999 | 0,240 |
| Aprile | 180 | 41 | 286 | 29 | 54 | 589 | 2.315 | 0,254 |
| Maggio | 145 | 33 | 251 | 24 | 45 | 497 | 1.894 | 0,263 |
| Giugno | 81 | 19 | 108 | 13 | 22 | 243 | 1.075 | 0,226 |
| Luglio | | | | | - | - | - | - |
| Agosto | 42 | 10 | 145 | 8 | 20 | 225 | 603 | 0,374 |
| Settembre | 104 | 22 | 213 | 17 | 36 | 391 | 1.366 | 0,286 |

E211 – SCUOLA MEDIA "BOCCANEGRA-ENRICO"

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------------------|--------------|----------------|--------------|---------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Ottobre | 153 | 29 | 268 | 25 | 47 | 522 | 1.974 | 0,264 |
| Novembre | 186 | 36 | 304 | 30 | 56 | 611 | 2.430 | 0,251 |
| Dicembre | | | | | | | | |
| Totale | 1.597 | 301 | 2.616 | 259 | 477 | 5.252 | 20.736 | 0,253 |
| POD: IT001E00096708 | VENDITA | DISPACCIA MENTO | RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURAT O | COSTO UNITARIO |
| Anno 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWh] | [€/kWh] |
| Gennaio | 393 | 74 | 642 | 67 | 259 | 1.435 | 5.379 | 0,267 |
| Febbraio | 190 | 37 | 318 | 34 | 127 | 706 | 2.730 | 0,259 |
| Marzo | 202 | 40 | 347 | 38 | 138 | 766 | 3.065 | 0,250 |
| Aprile | 73 | 20 | 161 | 20 | 27 | 300 | 1.585 | 0,189 |
| Maggio | 73 | 22 | 172 | 22 | 64 | 353 | 1.740 | 0,203 |
| Giugno | 68 | 21 | 166 | 21 | 61 | 336 | 1.652 | 0,203 |
| Luglio | 43 | - | 169 | 11 | 49 | 272 | 845 | 0,322 |
| Agosto | 70 | - | 265 | 16 | 79 | 430 | 1.280 | 0,336 |
| Settembre | 61 | - | 202 | 15 | 61 | 339 | 1.206 | 0,281 |
| Ottobre | 56 | 17 | 170 | 20 | 58 | 321 | 1.578 | 0,203 |
| Novembre | 109 | - | 332 | 34 | 105 | 580 | 2.713 | 0,214 |
| Dicembre | 142 | - | 391 | 42 | 126 | 701 | 3.369 | 0,208 |
| Totale | 1.481 | 230 | 3.334 | 340 | 1.154 | 6.538 | 27.142 | 0,241 |
| POD: IT001E00096708 | VENDITA | DISPACCIA MENTO | RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURAT O | COSTO UNITARIO |
| Anno 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWh] | [€/kWh] |
| Gennaio | 89 | - | 195 | 26 | 68 | 378 | 2.050 | 0,184 |
| Febbraio | 143 | - | 338 | 43 | 116 | 641 | 3.471 | 0,185 |
| Marzo | 133 | - | 398 | 44 | 127 | 702 | 3.541 | 0,198 |
| Aprile | | | | | | | | - |
| Maggio | 260 | - | 481 | 59 | 176 | 976 | 4.738 | 0,206 |
| Giugno | 67 | - | 134 | 14 | 47 | 263 | 1.132 | 0,232 |
| Luglio | 51 | - | 83 | 9 | 32 | 175 | 724 | 0,241 |
| Agosto | 39 | - | 46 | 8 | 21 | 114 | 620 | 0,183 |
| Settembre | 115 | - | 176 | 20 | 68 | 377 | 1.584 | 0,238 |
| Ottobre | 196 | - | 247 | 30 | 104 | 578 | 2.409 | 0,240 |
| Novembre | 278 | - | 309 | 39 | 137 | 761 | 3.116 | 0,244 |
| Dicembre | 230 | - | 279 | 34 | 120 | 663 | 2.744 | 0,242 |
| Totale | 1.603 | - | 2.686 | 326 | 1.014 | 5.625 | 26.129 | 0,215 |
| POD: IT001E00096708 | VENDITA | DISPACCIA MENTO | RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURAT O | COSTO UNITARIO |
| Anno 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWh] | [€/kWh] |
| Cong. Marzo 1 | -0 | - | 60 | - | 13 | 74 | 19 | 3,869 |
| Cong. Marzo 2 | 177 | - | - | - | 39 | 213 | - | - |

Nel grafico in Figura 7.2 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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

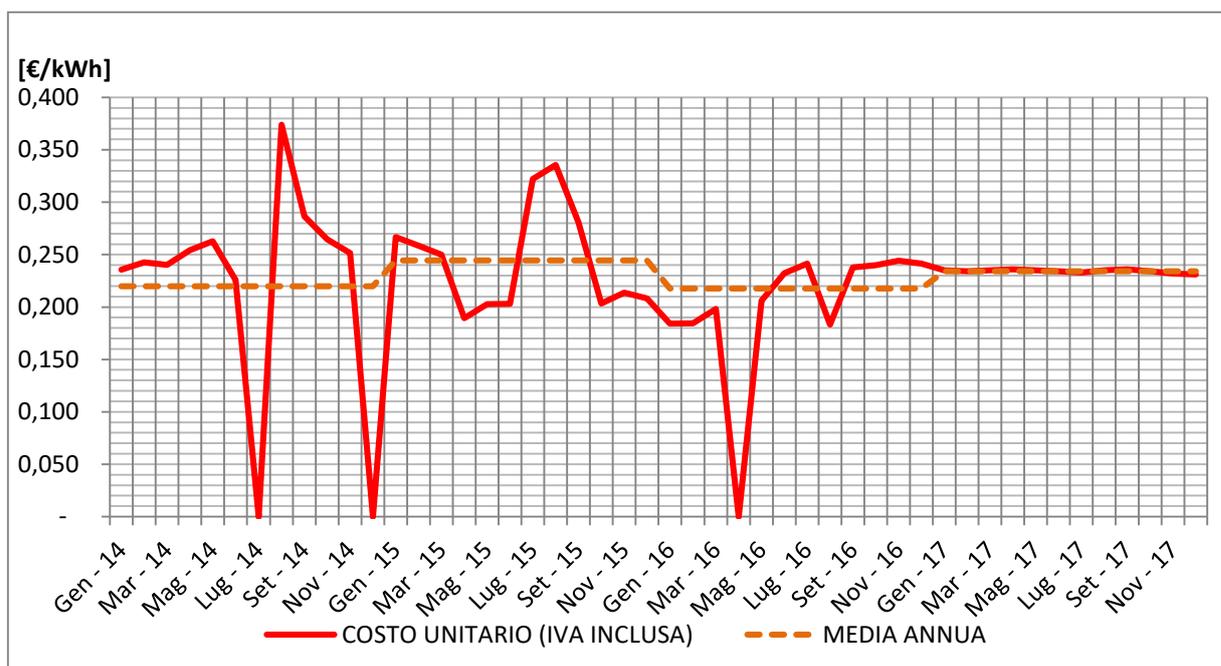
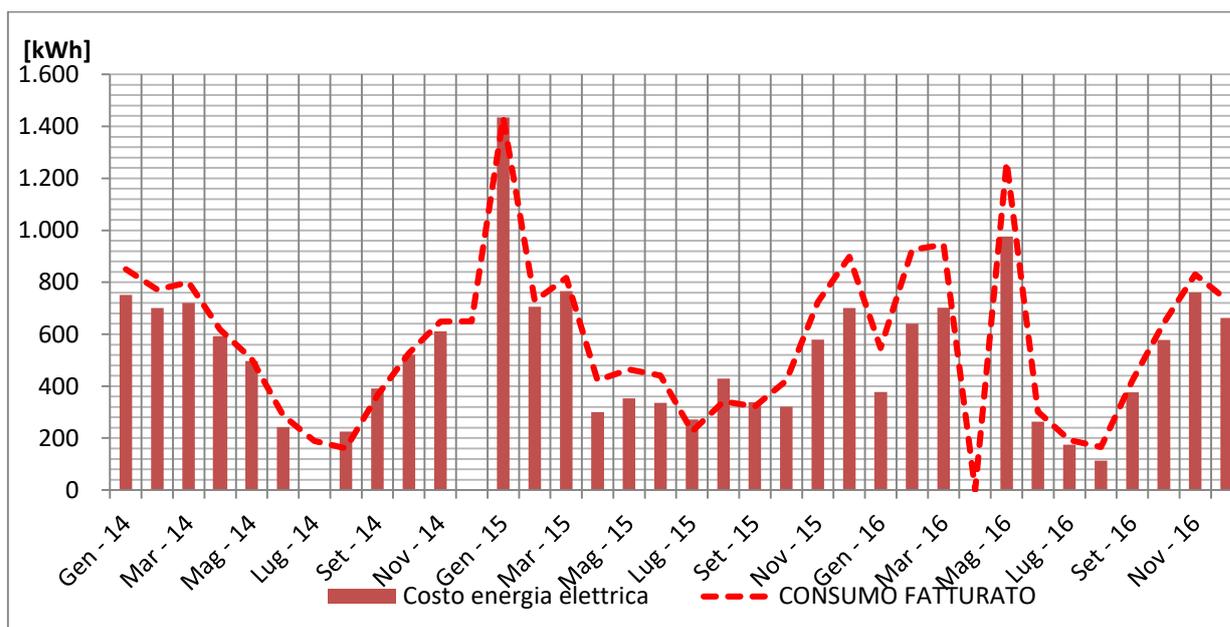


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che per consumo fatturato s'intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell'edificio descritte nel Capitolo 5. Si evidenzia che per alcuni mesi mancano le fatture mentre quella di maggio 2016 è in realtà una bimestrale.

Dall'analisi risulta che alti costi unitari si hanno in corrispondenza dei mesi estivi in cui si raggiungono i minimi consumi a fronte di un alto costo di servizi di rete.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO | VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | TOTALE |
|-------|-----------------|--------|---------|-------------------|-------|---------|--------|
| | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [€] |
| 2014 | 272.803 | 21.923 | 0,0804 | 20.736 | 5.252 | 0,25 | 27.174 |
| 2015 | 248.839 | 20.050 | 0,0806 | 27.142 | 6.538 | 0,24 | 26.588 |
| 2016 | 271.626 | 21.799 | 0,0803 | 26.129 | 5.625 | 0,22 | 27.425 |
| 2017 | | | 0,078 | | | 0,214 | |
| Media | 260.232 | 20.925 | 0,080 | 24.669 | 5.805 | 0,24 | 27.062 |

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

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

| Definizione | | Valore | U.M. |
|---------------------------------------|--|------------------|--------------|
| Costo unitario dell'energia termica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | CU _Q | 0,078 €/kWh] |
| Costo unitario dell'energia elettrica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | CU _{EE} | 0,214 €/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:

- L1-042-166: servizio SIE3

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

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

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

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.6.

Tabella 7.6 – Valori di costo 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} | 3.866 | €/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | C_{MS} | 812 | €/anno] |

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 24.506€.

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 25.962 € e un $C_{baseline}$ pari a 29.828 €

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

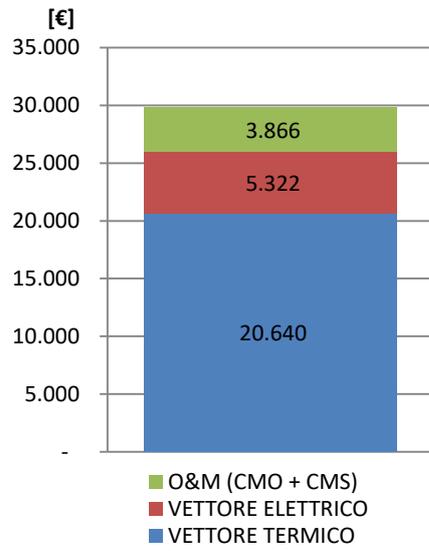
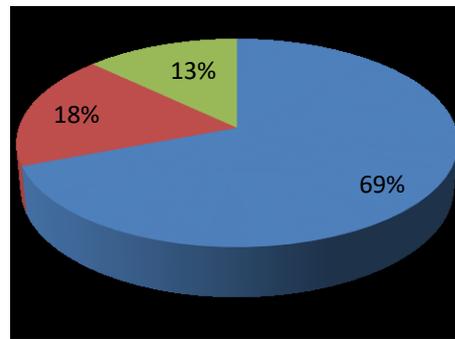


Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Insufflaggio delle intercapedini dei muri esterni con fiocchi di cellulosa

Generalità

Il modello energetico che è stato realizzato sull'edificio in oggetto, ha ipotizzato l'esistenza di intercapedini non coibentate. Tale ipotesi è stata formulata non potendo direttamente ispezionare i muri con metodo invasivo.

L'ipotesi prevede l'insufflaggio di fiocchi di cellulosa nelle intercapedini dei muri verticali disperdenti.

Figura 8.1 - Particolare delle murature



Caratteristiche funzionali e tecniche

I muri verticali a seguito dei lavori risulteranno maggiormente efficienti sotto l'aspetto energetico e garantiranno una migliore percezione del comfort ambientale all'interno dei locali oggetto d'intervento.

Descrizione dei lavori

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

In particolare dovranno essere svolte le seguenti lavorazioni

- Ispezionare l'intercapedine da isolare per verificare lo stato del paramento esterno e del paramento interno. L'insufflaggio non è adatto in caso di intonaco danneggiato (es. crepe) o di significativa presenza di infiltrazioni d'acqua o umidità di risalita. Ispezionare in più punti l'interno dell'intercapedine da isolare con un endoscopio, al fine di verificare lo spessore dell'intercapedine e di verificare l'eventuale presenza di ostruzioni (es. pilastri, calcinacci, ecc.): in prossimità di qualsiasi tipo di ostruzione è necessario incrementare adeguatamente il numero di fori per garantire uniformità di applicazione.
- Verificare che eventuali discontinuità dell'intercapedine (infissi, cassonetti delle tapparelle, fori di ventilazione, ecc) siano sigillate e, in caso contrario, procedere alla sigillatura delle stesse prima di applicare.
- Forare la parete dall'esterno
- Utilizzare una macchina per insufflaggio.
- La macchina per insufflaggio deve essere testata prima di ogni cantiere, al fine di assicurare la corretta densità di installazione. Utilizzare un'apposita scatola test, realizzata in accordo con lo standard EN 14064-2: effettuare diverse prove di installazione per impostare i parametri corretti.
- Realizzare l'isolamento termo-acustico mediante l'impiego di fiocchi di cellulosa
- Posizionare l'iniettore in un foro alla base e all'estremità laterale della parete. Dopo avere riempito questo foro proseguire lungo tutta la fila inferiore e successivamente passare alla fila superiore, fino ad arrivare alla fila superiore della parete.

- Una volta terminato l'insufflaggio procedere alla chiusura dei fori e all'eventuale tinteggiatura

In riferimento all'intervento relativo all'insufflaggio si fa presente che dovrà essere valutato in fase progettuale l'opportunità di poterlo realizzare come singolo intervento attraverso la verifica dei requisiti di legge in riferimento alla formazione di condensa interstiziale e alla verifica delle trasmittanze termiche medie comprensive di ponti termici.

Prestazioni raggiungibili

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

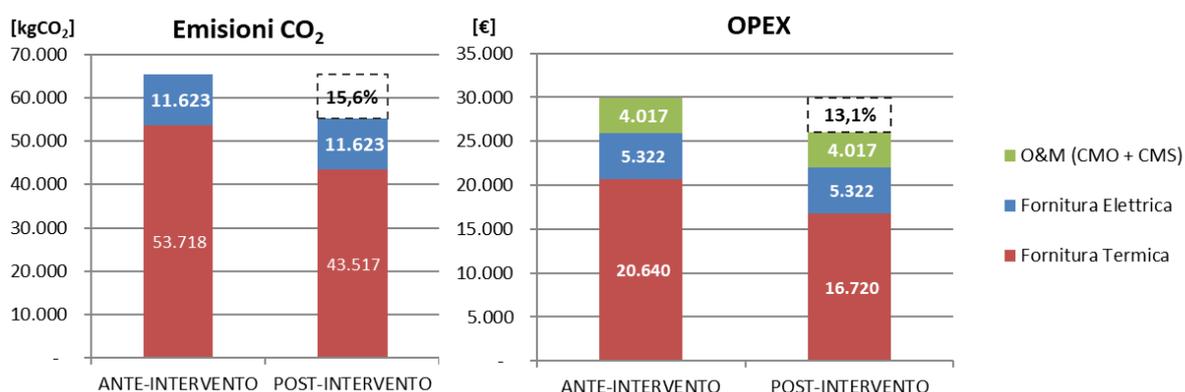
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1 Trasmittanza Termica | [W/m ² K] | 1,18 | 0,17 | 85,6% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 206.881 | 19,0% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 25.375 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 215.430 | 19,0% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.888 | 24.888 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 43.517 | 19,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 11.623 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 55.139 | 15,6% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 20.640 | 16.720 | 19,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.322 | 5.322 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 22.042 | 15,1% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 3.054 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 812 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 3.866 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 25.908 | 13,1% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM2: Coibentazione dall'interno del solaio in latero-cemento di copertura della scuola con lana di roccia (sp=12cm) e finitura in cartongesso (sp=2cm).

Generalità

La misura prevede di coibentare il solaio inclinato disperdente in latero-cemento dall'interno con lana di roccia (sp=12cm) e finitura in cartongesso (sp=2cm).

L'efficientamento dell'orizzontamento consente di ridurre le dispersioni dell'involucro opaco portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo dell'intero edificio.

Figura 8.2 - Particolare del solaio disperdente



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'orizzontamento a seguito dei lavori risulterà efficiente sotto l'aspetto energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno dei locali della scuola situati all'ultimo piano.

Descrizione dei lavori

La posa dell'isolante e la finitura in cartongesso deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1

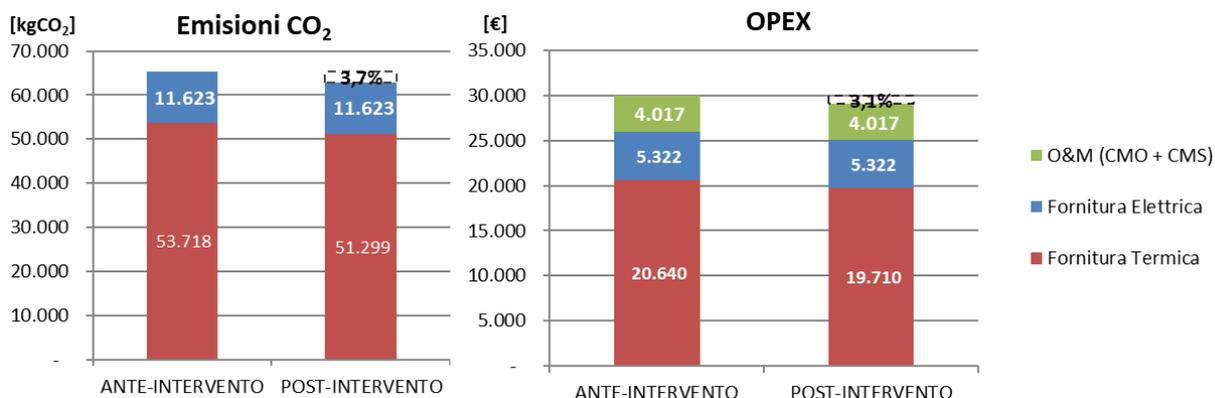
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1 Trasmittanza Termica | [W/m ² K] | 1,56 | 0,235 | 84,9% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 243.878 | 4,5% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 25.375 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 253.956 | 4,5% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.888 | 24.888 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 51.299 | 4,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 11.623 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 62.922 | 3,7% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 20.640 | 19.710 | 4,5% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.322 | 5.322 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 25.032 | 3,6% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 3.054 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 812 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 3.866 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 28.898 | 3,1% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



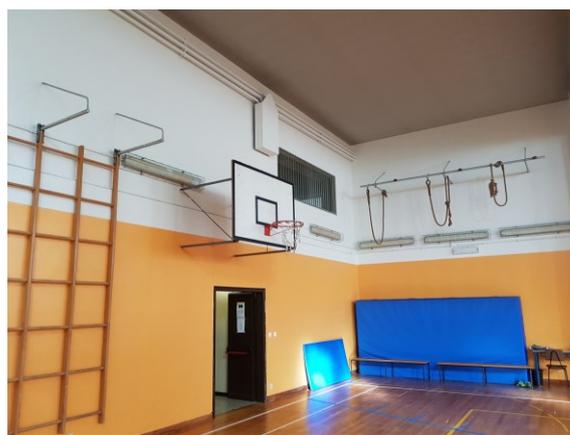
EEM3: Coibentazione dall'interno del solaio in latero-cemento di copertura della palestra con lana di roccia (sp=12cm) e finitura in cartongesso (sp=2cm).

Generalità

La misura prevede di coibentare l'intradosso del solaio orizzontale in latero-cemento della palestra con lana di roccia (sp=12cm) e finitura in cartongesso (sp=2cm).

L'efficientamento dell'orizzontamento consente di ridurre le dispersioni dell'involucro opaco portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo dell'intero edificio.

Figura 8.4 - Particolare del solaio disperdente



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'orizzontamento a seguito dei lavori risulterà efficiente sotto l'aspetto energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno dei locali della palestra

Descrizione dei lavori

La posa dell'isolante e la finitura in cartongesso deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1 Trasmittanza Termica | [W/m ² K] | 1,46 | 0,23 | 84,2% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 243.947 | 4,5% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 25.375 | 0,0% |

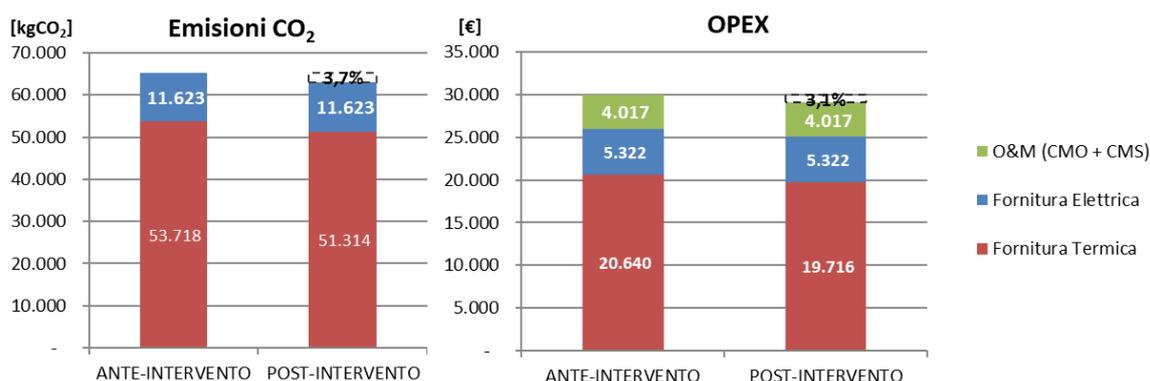
E211 – SCUOLA MEDIA "BOCCANEGRA-ENRICO"

| | | | | |
|--|---------------------------|---------------|---------------|-------------|
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 265.932 | 254.028 | 4,5% |
| $EE_{baseline}$ | [kWh] | 24.888 | 24.888 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 51.314 | 4,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 11.623 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 62.936 | 3,7% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 20.640 | 19.716 | 4,5% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 5.322 | 5.322 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 25.038 | 3,6% |
| C_{MO} | [€] | 3.054 | 3.054 | 0,0% |
| C_{MS} | [€] | 812 | 812 | 0,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 3.866 | 3.866 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 28.904 | 3,1% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


EEM4: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.
Generalità

Si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

L'efficiamento delle finestre consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali della scuola.

Figura 8.6 - Particolare dei serramenti esistenti


Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dei serramenti garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno di tutti i locali della scuola che vanta un elevato numero di superfici vetrate.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato nel rispetto della norma UNI 11673-1:2017 ed in particolare

Le metodologie descritte dalla norma sono finalizzate alla verifica delle prestazioni dei giunti d'installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti. In particolare la progettazione dei giunti d'installazione dovrà essere affrontata sui seguenti livelli:

- isolamento termico (analisi della presenza di isoterme critiche sulla superficie interna del sistema di posa in opera oggetto di verifica; analisi della temperatura media mensile minima per cui non sussistono le condizioni per la formazione di muffe sulla superficie interna dell'edificio in prossimità del giunto primario e/o secondario unicamente dipendente dal sistema di posa in opera; analisi del ponte termico lineare);
- isolamento acustico;
- permeabilità all'aria;
- resistenza meccanica al carico del vento e ai carichi propri;
- resistenza all'effrazione;
- durabilità e manutenibilità;
- composti organici volatili (VOC / COV) indoor e sostenibilità;
- comportamento termo-igrometrico e traspirabilità del giunto;
- requisiti base dei materiali di sigillatura e riempimento;
- compatibilità tra tipologie di sigillanti fluidi e substrati;
- prestazioni degli accessori e componenti.

Prestazioni raggiungibili

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

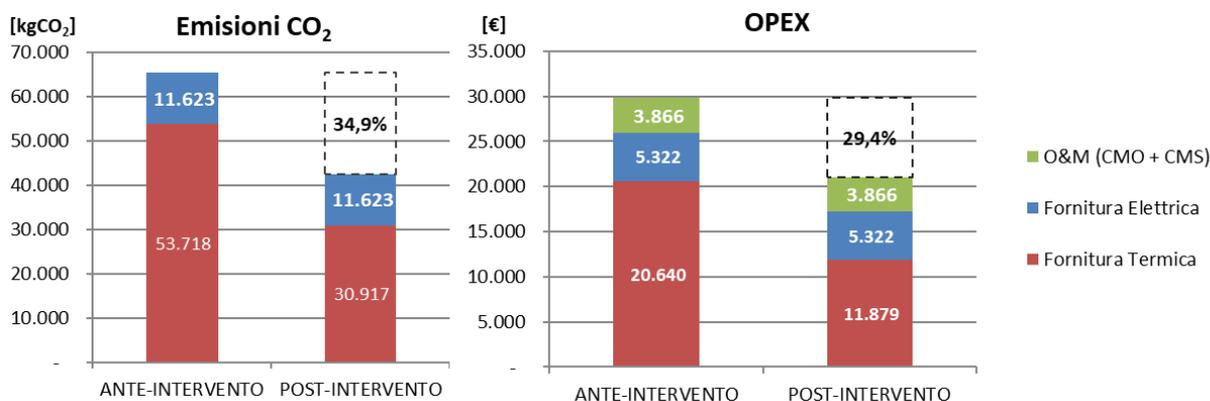
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1 Trasmittanza Termica | [W/m²K] | 4,5 | 1,66 | 63,1% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 146.983 | 42,4% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 25.375 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 153.056 | 42,4% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 24.888 | 24.888 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 30.917 | 42,4% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 11.623 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 42.540 | 34,9% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 20.640 | 11.879 | 42,4% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.322 | 5.322 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 17.201 | 33,7% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 3.054 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 812 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 3.866 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 21.067 | 29,4% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.7 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM5: Termoregolazione

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di regolazione si può ottenere mediante l'installazione di valvole termostatiche che permettono di regolare la temperatura ambiente all'interno di un edificio.

Raggiungendo poi la temperatura impostata sulla testina essa la mantiene costantemente per tutta la durata di accensione, riducendo gli sprechi di energia e conseguente discomfort degli utenti.

Figura 8.9 - Particolare dei radiatori esistenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il sistema di termoregolazione è composto di tre parti:

- Valvola termostatica: che regola la portata del fluido in entrata nei radiatori,
- Testina: con la sua regolazione consente di gestire la temperatura ambiente,
- Detentore: cordolo che chiude il circuito del fluido del termosifone.

Tali componenti lavorano insieme e regolano la portata dell'acqua calda in ingresso al termosifone, tale da garantire la temperatura ambiente di set-point impostata.

L'intervento prevede l'installazione del sistema completo di ogni sua parte compatibilmente con le caratteristiche dei terminali di emissione.

Tali dispositivi prevedono una sensibilità del 0,5 °C controllando puntualmente la temperatura interna dei singoli ambienti, garantiscono un miglior comfort termico per l'utente e una migliore gestione dell'impianto termico.

Descrizione dei lavori

Si prevede l'installazione di n°89 unità, una per ciascun radiatore presente nei diversi locali dell'edificio.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.6.

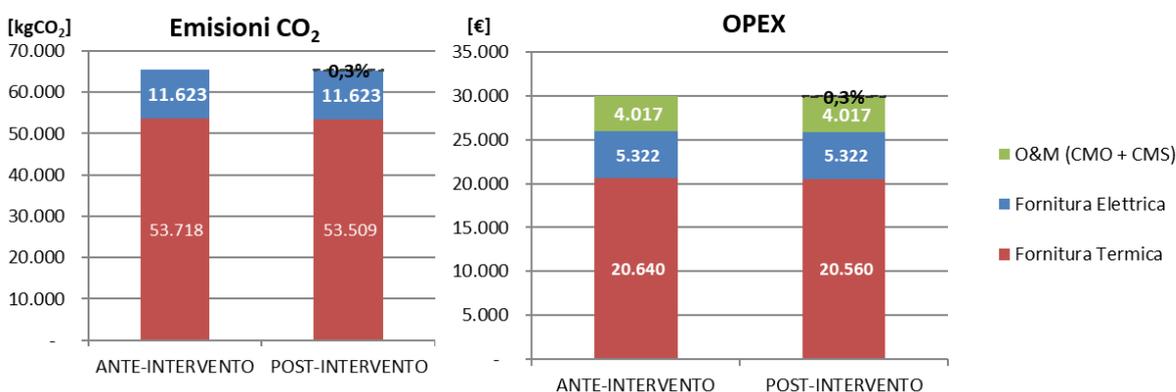
Tabella 8.10 – Risultati analisi EEM – Termoregolazione

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM5 [Efficienza sottosistema di regolazione] | [%] | 96% | 99% | -3,1% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 254.384 | 0,4% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 25.375 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 264.896 | 0,4% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 24.888 | 24.888 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 53.509 | 0,4% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 11.623 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 65.131 | 0,3% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 20.640 | 20.560 | 0,4% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.322 | 5.322 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 25.881 | 0,3% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 3.054 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 812 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 3.866 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 29.747 | 0,3% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM7: Efficientamento generatore di calore

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione si può ottenere mediante la sostituzione del generatore attuale, ormai obsoleto, con un generatore più efficiente.

Si propone, pertanto, la rimozione dell'attuale caldaia e l'installazione di una caldaia a gas metano a condensazione con elevata efficienza. Nella fase degli scenari tale intervento viene applicato già con misure "to be Lean". In particolar modo le strategie in "to be Clean" così create sono impostate in previsione degli scenari a 15 e 25 anni perché includono nella fase "to be Lean" opportunità d'intervento differenti in funzione dei loro tempi di ritorno.

Si è ipotizzata una riduzione del 50% dei costi di manutenzione dovuti alla ridotta necessità di ricorrere alla sostituzione delle componenti su un nuovo generatore ipotizzando anche di usufruire, per i primi anni, della garanzia sul prodotto.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dell'attuale generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione di pari potenza che permette di ottenere valori di efficienza più elevati, riducendo il consumo di gas metano in ingresso al sottosistema di generazione e ottimizzarne la conversione in energia termica.

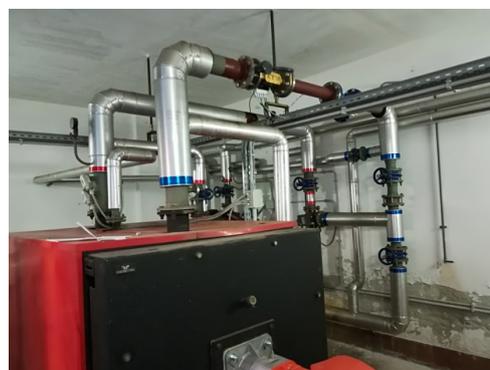
La caldaia a gas installata ha una potenza nominale al focolare di 575 kW che risultano sovradimensionati data la volumetria dello stabile ed in base alla diagnosi energetica prodotta. In questa fase viene sostituita con una di pari potenza rimandando negli scenari a 15 e 25 anni l'installazione di un generatore con potenza inferiore, tenendo in considerazione la potenza complessiva dei terminali di emissione e il fattore di ripresa dell'edificio.

Descrizione dei lavori

L'intervento proposto prevede le seguenti operazioni:

- smantellamento del vecchio generatore a gas;
- installazione nuovo generatore a condensazione alimentato a gas metano e del bruciatore;
- rifacimento tubazioni in centrale termica e coibentazione delle stesse;
- adeguamento impianto di distribuzione gas internamente alla Centrale Termica;
- intubamento della canna fumaria con condotto di evacuazione fumi in pressione;
- Adeguamento quadro elettrico di alimentazione ed impianto interno della centrale termica;
- Installazione del sistema di programmazione settimanale.

Figura 8.1 - Particolare del generatore di calore attuale



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8..

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM7- Efficiamento generatore di calore

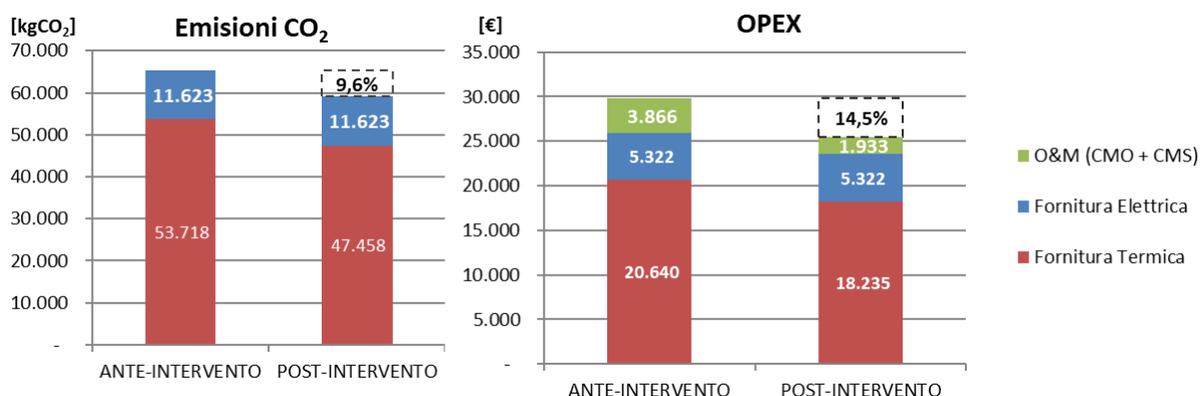
| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|------------------------------------|-------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Rendimento caldaia a condensazione | [%] | 95.5 | 99 | 3.5% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 255.379 | 225.618 | 11,7% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 25.375 | 25.375 | 0,0% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 265.932 | 234.941 | 11,7% |

| | | | | |
|--|---------------------------|---------------|---------------|--------------|
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.888 | 24.888 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 47.458 | 11,7% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 11.623 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 59.081 | 9,6% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 20.640 | 18.235 | 11,7% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.322 | 5.322 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 23.556 | 9,3% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 1.527 | 50,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 406 | 50,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 1.933 | 50,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 25.489 | 14,5% |
| Classe energetica | [-] | F | E | -1 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è costituito da boiler elettrici. Il consumo di acqua calda sanitaria è limitato e dipende dall'uso dei locali in cui sono installati. Per questa ragione non si è tenuto necessario effettuare simulazioni per questa specifica tipologia d'intervento.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema di illuminazione si può ottenere mediante la sostituzione degli attuali corpi illuminanti con un sistema di illuminazione a LED.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'attuale sistema di illuminazione è costituito da tubi al neon con potenza variabili tra 18 W e 36 W. Si propone di efficientare tale sistema mediante l'installazione di lampade tubolari a LED in tutti i locali della struttura.

Le nuove lampade a LED, di potenza variabili tra 13 W e 22 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

Le lampade a LED rispetto alle attuali lampade a fluorescenza garantiscono maggiore durata di vita, un maggior flusso luminoso a parità di potenza elettrica assorbita, minor calore sviluppato e accensione a freddo.

Descrizione dei lavori

Il criterio principale da seguire per la sostituzione di apparecchi illuminanti a tubi fluorescenti esistenti con apparecchi a LED è quello di utilizzare solo apparecchi a LED con le medesime caratteristiche illuminotecniche e di ingombro degli apparecchi illuminanti esistenti, in modo da non modificare la distribuzione dei corpi illuminanti dettata dai calcoli illuminotecnici di progetto né essere costretti a modificare le strutture interne.

Figura 8.3 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8..

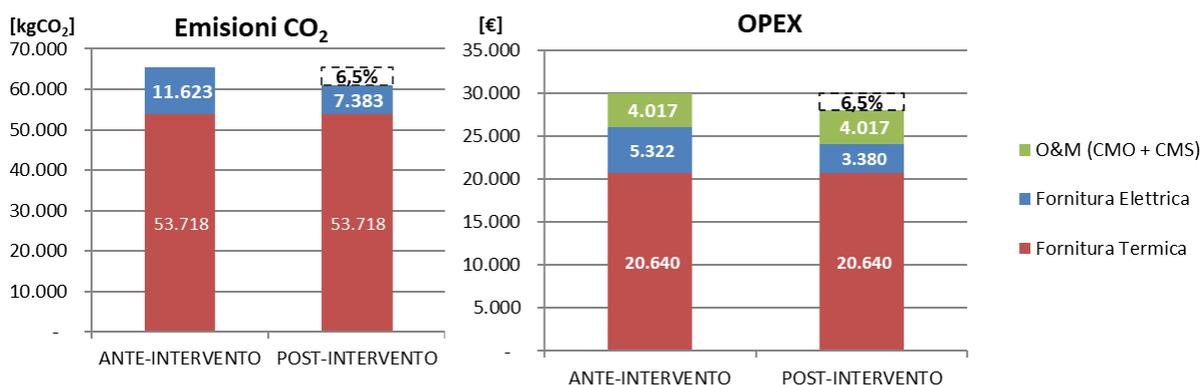
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM6 – Efficiamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM4 | [-] | [-] | [-] | [-] |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 255.379 | 0,0% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 16.119 | 36,5% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 265.932 | 0,0% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 24.888 | 15.809 | 36,5% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 53.718 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 7.383 | 36,5% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 61.101 | 6,5% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 20.640 | 20.640 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.322 | 3.380 | 36,5% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 24.020 | 7,5% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 3.054 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 812 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 3.866 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 27.886 | 6,5% |
| Classe energetica | [-] | F | G | +1 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.5 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

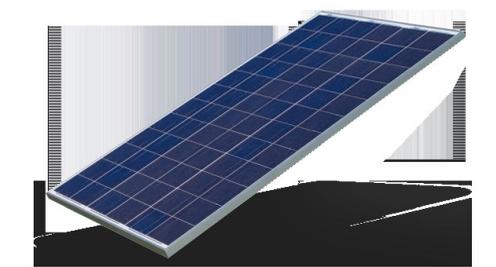
EEM8: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l'installazione di moduli fotovoltaici sulla copertura dell'edificio. Si è tenuto conto dell'esposizione e dell'effettiva superficie utile disponibile al netto delle ombre dei corpi (alberi o strutture murali) disposti in prossimità.

Tale intervento è stato ipotizzato per lo scenario a 25 anni proposto nell'intervento della sostituzione del generatore.

Figura 8.5 – Esempio di un modulo fotovoltaico



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il dimensionamento e l'installazione dell'impianto fotovoltaico consente di coprire i consumi elettrici dell'edificio. Come si è visto l'assorbimento maggiore è nelle ore diurne, momento in cui è possibile ottenere anche la massima produzione (unica variabile sarebbe poi l'aspetto climatico). La potenza disponibile è stata ipotizzata secondo alcune caratteristiche al contorno quali l'orientamento, l'inclinazione dei pannelli e le superfici disponibili. La massima potenza nominale si ottiene con un'esposizione diretta del pannello al Sole, con un irraggiamento nominale di 1000 Watt/metro quadro, 25°C di temperatura, posizione perpendicolare ai raggi del sole, e assenza di ombreggiamenti. Nella realtà i pannelli producono energia anche in condizioni di luce indiretta e con irraggiamento inferiore, ma in misura molto minore.

Nell'edificio in questione si è ipotizzato di installare un impianto fotovoltaico di 6 kWp.

Descrizione dei lavori

La posa comprende un modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino comprensivo dei sostegni alla struttura del tetto. Ad esso sono associati un inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento ed un quadro di controllo.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM8 sono riportati nella Tabella 8.18 e nella Figura 8.15.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM8 – Installazione di un impianto fotovoltaico

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|-------------------|------|-----------------|-----------------|------------------------|
|-------------------|------|-----------------|-----------------|------------------------|

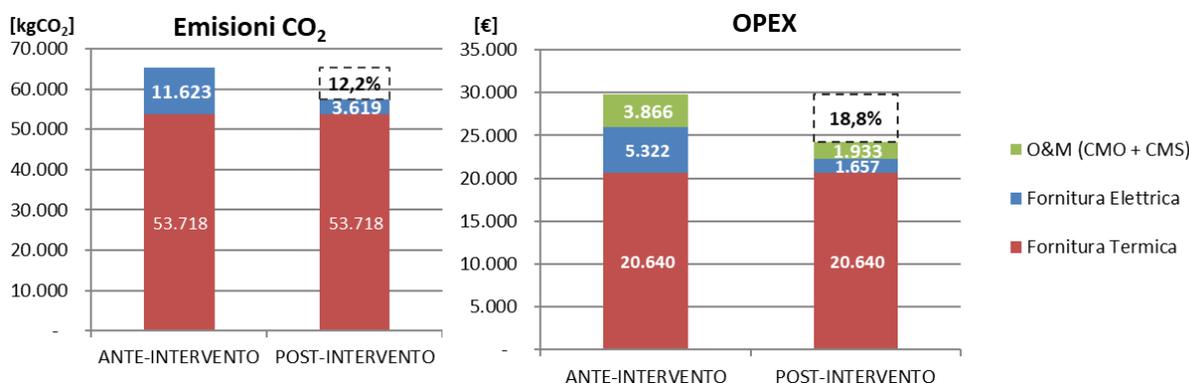
E211 – SCUOLA MEDIA "BOCCANEGRA-ENRICO"

| EMM8 | [-] | [-] | [-] | [-] |
|--|---------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Q _{teorico} | [kWh] | 144.388 | 144.388 | 0,0% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 26.603 | 8.284 | 68,9% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 265.931 | 0,0% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.888 | 7.750 | 68,9% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 53.718 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 3.619 | 68,9% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 57.337 | 12,2% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 20.640 | 20.640 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 5.322 | 1.657 | 68,9% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 25.962 | 22.297 | 14,1% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 1.527 | 50,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 406 | 50,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 1.933 | 50,0% |
| OPEX | [€] | 29.828 | 24.230 | 18,8% |
| Classe energetica | [-] | C | B | -1 classi |

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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.6 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

Le analisi economiche per determinare il valore degli interventi sono state effettuate attraverso la redazione di computi metrici utilizzando i prezzi unitari riportati nel Prezzario Opere Pubbliche della Regione Liguria.

Nel caso in cui il Prezzario Regione Liguria fosse stato sprovvisto delle voci necessarie si è fatto riferimento a prezzi unitari riportati all'interno di altri prezzari regionali o camerali di regioni o province limitrofe. Le fonti alternative utilizzate sono state: Prezzario Regionale Piemonte, Prezzario Regione Lombardia, Milano e Camera di Commercio di Reggio Emilia.

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Insufflaggio nella cassavuota delle pareti perimetrali

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione dell'interno delle pareti verticali attraverso l'insufflaggio di fiocchi di cellulosa.

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: Insufflaggio pareti perimetrali

| DESCRIZIONE | FORTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|---|----------------------------|----------|----------------|--|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| Fibra di cellulosa in fiocchi prodotta da pura carta di giornale, con procedimento asciutto, sciolta per iniezione; resistente al fuoco (classe 1), esente da sostanze tossiche e nocive. Lambda = 0,040 W/mK. Per pareti, densità 55 - 65 Kg/m ³ | Prezzario Regione Piemonte | 343,14 | m ³ | € 91,30 | € 31.328,68 | 22% | € 38.220,99 |
| Insufflaggio di materiale isolante sfuso all'interno di intercapedini murarie mediante appositi ugelli. Compreso il carico, lo scarico, il trasporto, il deposito a qualsiasi piano del fabbricato, il nolo del macchinario per l'insufflaggio, la formazione dei fori necessari per la | Prezzario Regione Piemonte | 343,14 | m ³ | € 40,80 | € 14.000,11 | 22% | € 17.080,14 |

messa in opera ed esclusa la chiusura. Escluso il montaggio di eventuali ponteggi. Da misurarsi in opera con la sola deduzione dei vuoti superiori a 2,00 m², compresi gli sfridi e ogni onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. Densità minima di 50 kg/m³. (esclusa la fornitura del materiale isolante). In fibra

| | | | | | | |
|--|------------------------|----|---|-----------------|------------|--------------------|
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | € 1.359,86 | 22% | € 1.659,03 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | € 3.173,02 | 22% | € 3.871,08 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | € 49.862 | 22% | € 60.831 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | € 24.332,50 |
| Durata incentivi | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | € 4.866,50 |

EEM2:Coibentazione dell'intradosso della copertura della scuola

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione della copertura della scuola posando la lana di roccia con successiva finitura in cartongesso sull'intradosso della copertura (sp=12+2cm).

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 100 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2: coibentazione dell'intradosso della copertura della scuola

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|--|----------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| Solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali (coperture e simili) eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico compresa la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato. | Prezzario Regione Liguria | 216,9 | m2 | € 4,13 | € 895,21 | 22% | € 1.092,15 |
| Pannelli in lana di roccia per isolamenti termoacustici di densità di 40 kg/m ³ e lamda pari a | Prezzario regione Piemonte | 216,9 | m2 | € 9,54 | € 2.068,44 | 22% | € 2.523,49 |

| | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------|----|---------|-----------------|------------|-----------------|
| 0,035 W/mK; trattata con resine termoisolanti, euroclasse A1 spessore mm 120 | | | | | | | |
| Solo posa controsoffitti, per superfici piane, compresa la fornitura e la posa della struttura metallica di sospensione, la sigillatura dei giunti con garza e successiva rasatura, REI 120, di lastre di gesso protetto o fibrogesso, con o senza materassino isolante. | Prezzario Regione Liguria | 216,9 | m2 | € 45,51 | € 9.870,92 | 22% | € 12.042,52 |
| Lastre di gesso, rivestite, classe di reazione al fuoco A2-s1,d0 (B) spessore 12.5 mm. | Prezzario Regione Liguria | 216,9 | m2 | € 8,52 | € 1.847,59 | 22% | € 2.254,06 |
| Tinteggiatura di superfici murarie interne, idropittura lavabile traspirante per interni (prime due mani) | Prezzario Regione Liguria | 216,9 | m2 | € 5,70 | € 1.236,33 | 22% | € 1.508,32 |
| Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri. | Prezzario Regione Liguria | 5,4225 | m2 | € 19,25 | € 104,36 | 22% | € 127,32 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | € 480,69 | 22% | € 586,44 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | € 1.121,60 | 22% | € 1.368,35 |
| TOTALE (I₀ – EEM2) | | | | | € 17.625 | 22% | € 21.503 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | € 8.601,06 |
| Durata incentivi | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | € 1.720,21 |

EEM3: Coibentazione dell'intradosso della copertura della palestra

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella coibentazione della copertura della palestra posando la lana di roccia con successiva finitura in cartongesso sull'intradosso della copertura (sp=12+2cm).

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 100 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3: coibentazione dell'intradosso della copertura della palestra

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|---------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| Solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali | Prezzario Regione Liguria | 273,15 | m2 | € 4,13 | € 1.127,36 | 22% | € 1.375,38 |

| | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|---------|----|---|-------|---|---------------|------------|---|------------------|
| (coperture e simili) eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico compresa la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato. | | | | | | | | | | |
| Pannelli in lana di roccia per isolamenti termoacustici di densità di 40 kg/m ³ e lamda pari a 0,035 W/mK; trattata con resine termoindurenti, euroclasse A1 spessore mm 120 | Prezzario regione Piemonte | 273,15 | m2 | € | 9,54 | € | 2.604,86 | 22% | € | 3.177,93 |
| Solo posa controsoffitti, per superfici piane, compresa la fornitura e la posa della struttura metallica di sospensione, la sigillatura dei giunti con garza e successiva rasatura, REI 120, di lastre di gesso protetto o fibrogesso, con o senza materassino isolante. | Prezzario Regione Liguria | 273,15 | m2 | € | 45,51 | € | 12.430,81 | 22% | € | 15.165,59 |
| Lastre di gesso, rivestite, classe di reazione al fuoco A2-s1,d0 (B) spessore 12.5 mm. | Prezzario Regione Liguria | 273,15 | m2 | € | 8,52 | € | 2.326,74 | 22% | € | 2.838,62 |
| Tinteggiatura di superfici murarie interne, idropittura lavabile traspirante per interni (prime due mani) | Prezzario Regione Liguria | 273,15 | m2 | € | 5,70 | € | 1.556,96 | 22% | € | 1.899,49 |
| Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri. | Prezzario Regione Liguria | 6,82875 | m2 | € | 19,25 | € | 131,42 | 22% | € | 160,34 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | € | | € | 605,34 | 22% | € | 738,52 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | € | | € | 1.412,47 | 22% | € | 1.723,21 |
| TOTALE (I₀ – EEM3) | | | | | | € | 22.196 | 22% | € | 27.079 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | | € | 10.831,63 |
| Durata incentivi | | | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | | € | 2.166,33 |

EEM4: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2K$

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella Si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 W/(m^2K)$.

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

La tabella 7 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.3 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevederanno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4: sostituzione infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2K$

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|--|----------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| Rimozione senza recupero di serramenti in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare per misurazioni minima 2 mq | Prezziario Regione Liguria | 727,82 | m2 | € 27,37 | € 19.922,42 | 22% | € 24.305,35 |
| Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza $U=2,8 W/m^2K$, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas | Prezziario Regione Liguria | 727,82 | m2 | € 299,00 | € 217.618,18 | 22% | € 265.494,18 |
| solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio | Prezziario Regione Liguria | 727,82 | m2 | € 44,12 | € 32.110,10 | 22% | € 39.174,32 |
| Controtelaio per finestre, portafinestre e simili, in legno. | Prezziario Regione Liguria | 107,9126 | m | € 6,90 | € 744,60 | 22% | € 908,41 |
| Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco | Prezziario Regione Liguria | 109,173 | m3 | € 10,70 | € 1.168,15 | 22% | € 1.425,14 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | € 8.146,90 | 22% | € 9.939,22 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | € 19.009,44 | 22% | € 23.191,52 |
| TOTALE (I₀ – EEM4) | | | | | € 298.720 | 22% | € 364.438 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | |
| Durata incentivi | | | | | | | |
| Incentivo annuo | | | | | | | |

EEM5: Termoregolazione

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, si ipotizza di realizzare installare un sistema di termoregolazione all'interno e per tutto l'edificio.

Tale intervento, se considerato da solo, non consente l'ottenimento di nessun incentivo del Conto Termico. È però un'azione obbligatoria ed un costo ammissibile per accedere agli incentivi della sostituzione del generatore. Si rimanda la descrizione all'intervento corrispondente.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM4: Termoregolazione

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|--|----------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 20 mm | Prezziario Regione Liguria | 89 | cad | € 37,61 | € 3.347,21 | 22% | € 4.083,60 |

| | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----|-----|---|-------|---|--------------|------------|---|--------------|
| Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra | Prezzario Regione Liguria | 89 | cad | € | 9,20 | € | 818,80 | 22% | € | 998,94 |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 59 | h | € | 28,98 | € | 1.719,59 | 22% | € | 2.097,90 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € | 176,57 | 22% | € | 215,41 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € | 411,99 | 22% | € | 502,63 |
| TOTALE (I₀ – EEM5) | | | | | | € | 6.474 | 22% | € | 7.898 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | | | 0 |
| Durata incentivi | | | | | | | | | | 0 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | | | 0 |

EEM6: LED

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.16 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, si ipotizza di sostituire i corpi illuminanti (lampade e plafoniere) di tutti gli elementi dell'edificio.

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 35 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 70.000 €. Nella tabella 9.6 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
|---|----------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|---------------|----------------------|--------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | | [€] | [€] |
| Rimozione e smaltimento di corpo illuminante | Milano | 609 | cad | € 5,21 | € 3.172,34 | 22% | € 3.870,25 | |
| Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm | Milano | 129 | cad | € 89,96 | € 11.605,31 | 22% | € 14.158,48 | |
| Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h | Prezzario Regione Piemonte | 129 | cad | € 26,10 | € 3.366,90 | 22% | € 4.107,62 | |
| Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm | Milano | 480 | cad | € 111,92 | € 53.720,73 | 22% | € 65.539,29 | |
| Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h | Prezzario Regione Piemonte | 480 | cad | € 39,12 | € 18.776,73 | 22% | € 22.907,61 | |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | € - | 22% | € - | |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | € - | 22% | € - | |
| TOTALE (I₀ – EEM6) | | | | | € | 99.706 | 22% | € 121.642 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 48.024,20 |

| | |
|------------------|------------|
| Durata incentivi | 5 |
| Incentivo annuo | € 9.604,84 |

EEM7: Caldaia

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.17 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 7, si ipotizza di realizzare una sostituzione del generatore esistente e tradizionale con una caldaia a condensazione più efficiente.

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

La tabella 8 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 130 €/kWt e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 40.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache di tipologia 1.A la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.7 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM7

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|--|---------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| Rimozione generatore esistente - taglia caldaia esistente Pn > 500 e Pn <= 700 | CCIAA RE | 1 | cad | € 3.697,50 | € 3.697,50 | 22% | € 4.510,95 |
| 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: 396 Kw circa | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 28.203,75 | € 28.203,75 | 22% | € 34.408,58 |
| 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 | € 211,60 | € 211,60 | 22% | € 258,15 |
| Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 351 Kw a 700 Kw | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € 419,17 | € 419,17 | 22% | € 511,39 |

| | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----|------|---|--------|---|---------------|------------|---|------------------|
| Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m | Prezzario Regione Liguria | 8 | cad | € | 19,21 | € | 153,67 | 22% | € | 187,48 |
| Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € | 25,87 | € | 25,87 | 22% | € | 31,56 |
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € | 109,64 | € | 109,64 | 22% | € | 133,76 |
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € | 27,01 | € | 27,01 | 22% | € | 32,95 |
| Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € | 133,40 | € | 133,40 | 22% | € | 162,75 |
| Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno | Prezzario Regione Liguria | 1 | cad | € | 69,52 | € | 69,52 | 22% | € | 84,81 |
| Opere edili Operaio Qualificato | Prezzario Regione Liguria | 8 | h | € | 31,28 | € | 250,25 | 22% | € | 305,31 |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 20 | h | € | 28,98 | € | 579,64 | 22% | € | 707,16 |
| Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km. | Prezzario Regione Liguria | 50 | m³km | € | 4,29 | € | 214,55 | 22% | € | 261,75 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € | 1.022,87 | 22% | € | 1.247,90 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € | 2.386,69 | 22% | € | 2.911,76 |
| TOTALE (I₀ – EEM7) | | | | | | € | 37.505 | 22% | € | 45.756 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | | € | 18.302,50 |
| Durata incentivi | | | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | | € | 3.660,50 |

EEM8: Fotovoltaico

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 80 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000€. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.18 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 8, si ipotizza di installare impianto da fonti rinnovabili quale un sistema fotovoltaico.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi dal conto termico 2.0. Per questo il costo potrà essere ammortizzato solamente dal risparmio energetico ottenibile o per altre procedure finanziarie da definire in un secondo momento con la stazione appaltante.

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM8

| DESCRIZIONE | FONTI PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------|-------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|
|-------------|-------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|

| | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
|--|-----------------|-----|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: | | | | | | |
| 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato). | | | | | | |
| Prezzario Regione Lombardia | 6 | kWp | € 2.823,11 | € 16.938,65 | 22% | € 20.665,16 |
| 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento. | | | | | | |
| 3. Quadro di parallelo inverter. | | | | | | |
| 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie. | | | | | | |
| 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale. | | | | | | |
| Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie | | | | | | |
| Con potenza complessiva per singolo impianto: da 1 fino a 6 kWp | | | | | | |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | € 508,16 | 22% | € 619,95 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | € 1.185,71 | 22% | € 1.446,56 |
| TOTALE (I₀ – EEM8) | | | | € 18.633 | 22% | € 22.732 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | 0 |
| Durata incentivi | | | | | | 0 |
| Incentivo annuo | | | | | | 0 |

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: Insuflaggio pareti perimetrali

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Insuflaggio pareti perimetrali

| PARMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE |
|----------------------|------|--------|
|----------------------|------|--------|

| | | | |
|---------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 60.831 |
| 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 | 4.867 |
| 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 | 14,7 | 8,5 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 22,4 | 11,7 |
| Valore attuale netto | VAN | 11.012 | 32.677 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 5,5% | 9,6% |
| Indice di profitto | IP | 0,18 | 0,54 |

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

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

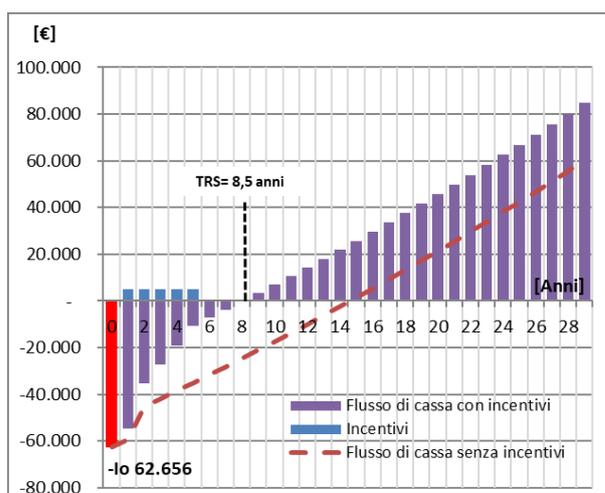
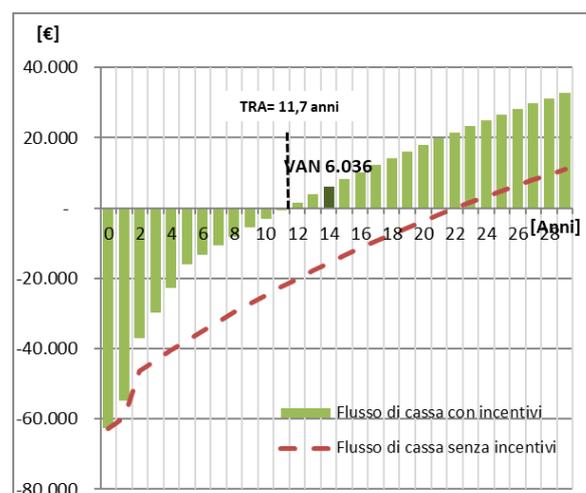


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'insufflaggio ha un TRS di 8,5 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 14,7 anni.

EEM2: Copertura scuola

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Copertura scuola

| PARAMETRO FINANZIARIO | U. M. | VALORE |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € 21.503 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni 3 |

| Vita utile | n | anni | 30 |
|--------------------------------|----------------|------------------------|----------------------|
| Incentivo annuo | B | €/anno | 1.720 |
| 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 | 21,0 | 11,9 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 35,6 | 18,8 |
| Valore attuale netto | VAN | - | 3.498 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 2,5% | 6,3% |
| Indice di profitto | IP | -0,16 | 0,19 |

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

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

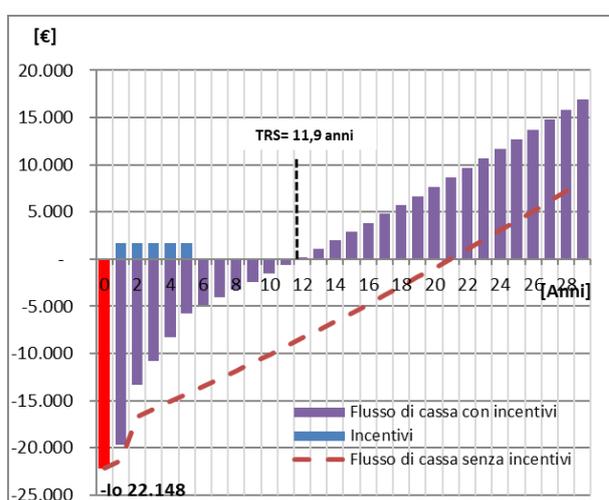
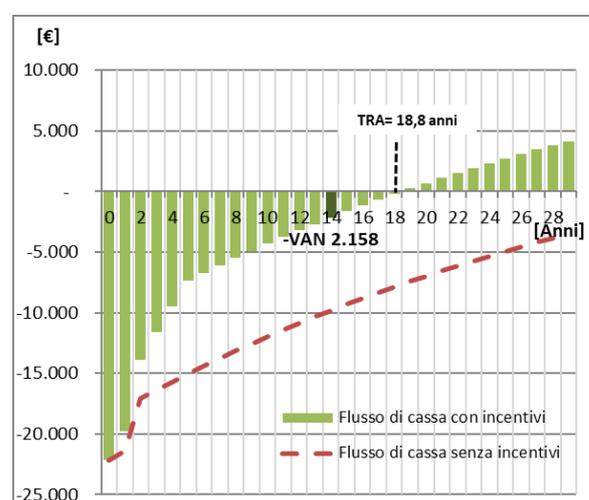


Figura 9.4– EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la coibentazione della copertura della scuola ha un TRS di 11,9 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 21 anni.

EEM3: Copertura palestra

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Copertura palestra

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE |
|----------------------------------|------------------|--------------|
| Investimento Iniziale | I ₀ | € 27.079 |
| Oneri Finanziari %I ₀ | OF | [%] 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n _{IVA} | anni 3 |
| Vita utile | n | anni 30 |
| Incentivo annuo | B | €/anno 2.166 |
| 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 | 25,8 | 14,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 42,9 | 25,8 |
| Valore attuale netto | VAN | - 8.402 | 1.242 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 0,9% | 4,6% |
| Indice di profitto | IP | -0,31 | 0,05 |

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

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

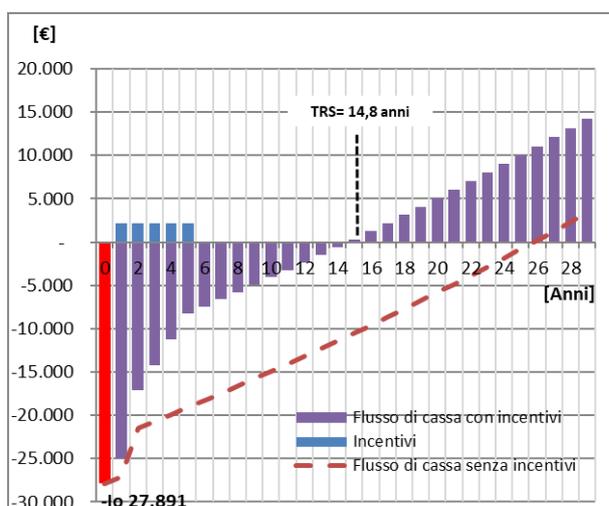
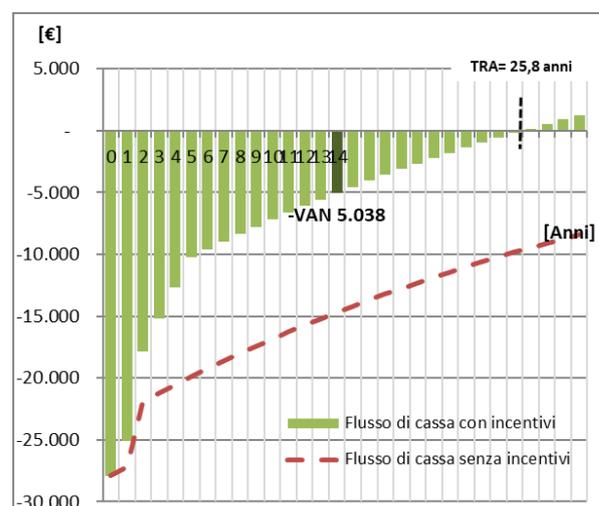


Figura 9.6– EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la coibentazione della copertura della palestra ha un TRS di 14,8 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno TRS sarebbe di 25,8 anni.

EEM4: Serramenti

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Serramenti

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------|-----------|--------|---------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 364.438 |
| 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 | - |
| 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 | 35,6 | 35,6 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 55,5 | 55,5 |
| Valore attuale netto | VAN | - 172.625 | - 172.625 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -1,3% | -1,3% |
| Indice di profitto | IP | -0,47 | -0,47 |

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

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

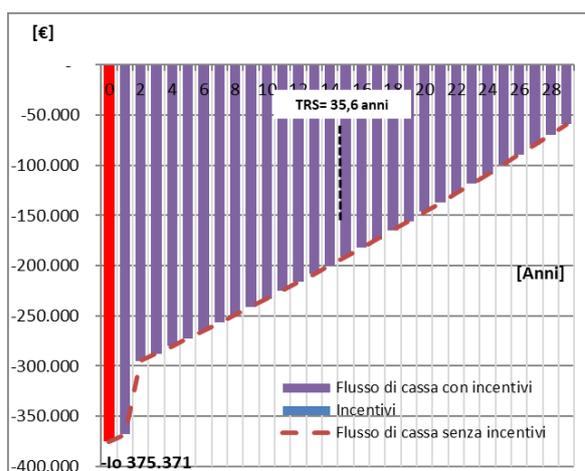
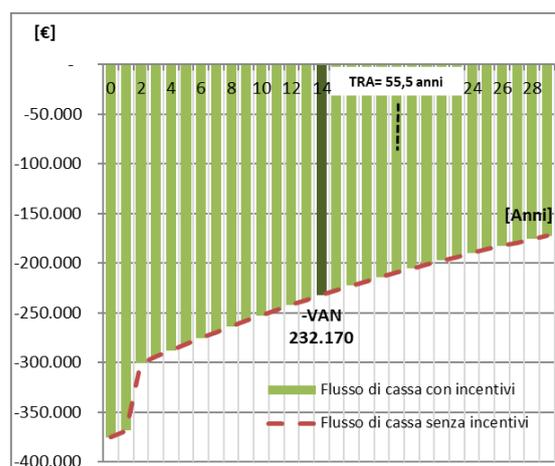


Figura 9.8– EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione degli infissi ha un TRS di 35,6 anni non considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Tale intervento non può essere preso in considerazione neanche su scenari di lungo periodo.

EEM5: Termoregolazione

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

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– Termoregolazione

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE | |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 7.898 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 15 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 50,1 | 50,1 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 58,8 | 58,8 |
| Valore attuale netto | VAN | - 6.061 | - 6.061 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -17,7% | -17,7% |

Indice di profitto

IP

-0,77

-0,77

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

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

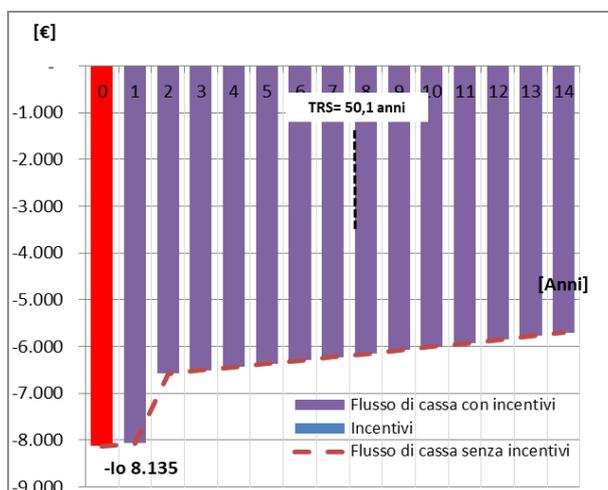
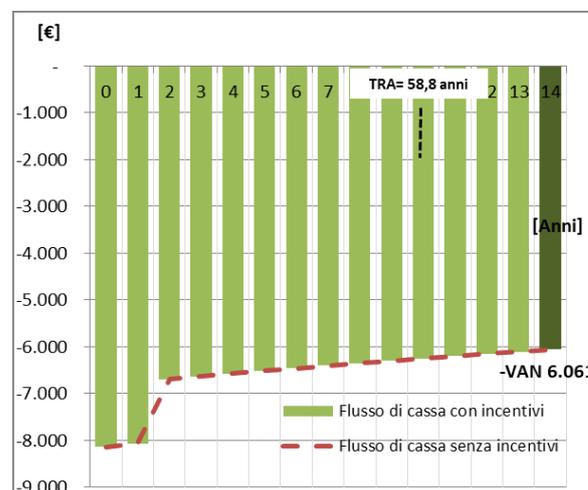


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento della termoregolazione ha un TRS di 50 anni considerando che come singolo intervento non è previsto il contributo del Conto Termico, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione solamente se aggregato con la sostituzione della caldaia, la sua voce di costo è ammissibile all'interno di quello totale del generatore.

EEM6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

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

Tabella 9.14 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6 – Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE | |
|----------------------------------|------------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I ₀ | € | 121.642 |
| Oneri Finanziari %I ₀ | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n _{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 8 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 9.604 |
| 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 | 29,8 | 12,3 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 33,1 | 13,7 |
| Valore attuale netto | VAN | - 95.009 | - 52.249 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -32,6% | -13,1% |
| Indice di profitto | IP | -0,78 | -0,43 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.2.

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

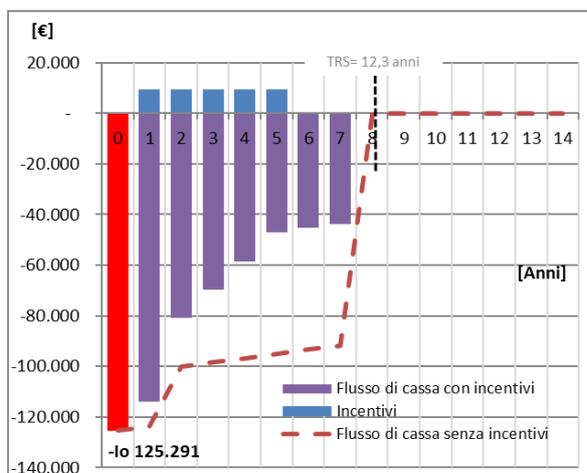
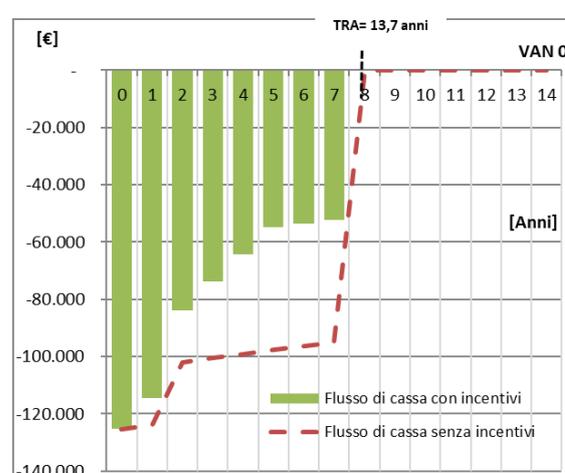


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 12,3 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno risulta essere troppo alto anche prendendo in considerazione scenari su lungo periodo in quanto il TRS è di 28,9 anni. Tuttavia è necessario valutare il fatto che la vita utile di tali sistemi è di circa 8 anni e pertanto dovrebbe essere prevista una loro sostituzione su periodi superiori, in questo caso gli interventi potrebbero non essere più convenienti come è dimostrato dal valore del VAN negativo nel caso incentivato e non incentivato.

EEM7 Efficiamento generatore di calore

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

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM7– Caldaia

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE | |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| Investimento Iniziale | lo | € 45.756 | |
| Oneri Finanziari %lo | OF | [%] 3,0% | |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] 22,0% | |
| Anno recupero erariale IVA | n _{IVA} | anni 3 | |
| Vita utile | n | anni 15 | |
| Incentivo annuo | B | €/anno 3.661 | |
| Durata incentivo | n _B | anni 5 | |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] 3,5% | |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI | |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 10,3 | 5,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 13,7 | 7,7 |
| Valore attuale netto | VAN | 1.136 | 17.432 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 4,4% | 10,9% |
| Indice di profitto | IP | 0,02 | 0,38 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e Figura 9.2.

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

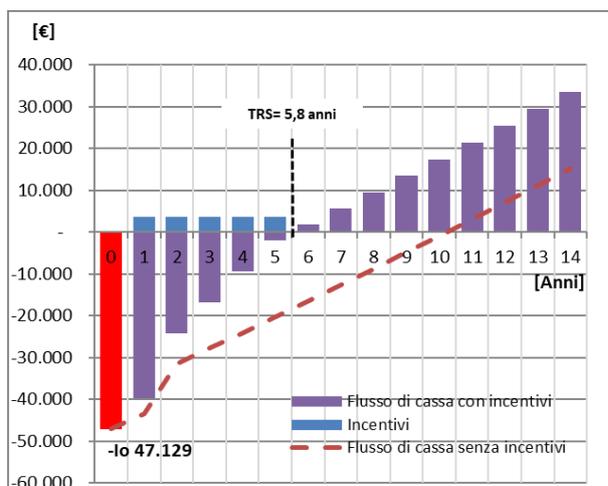
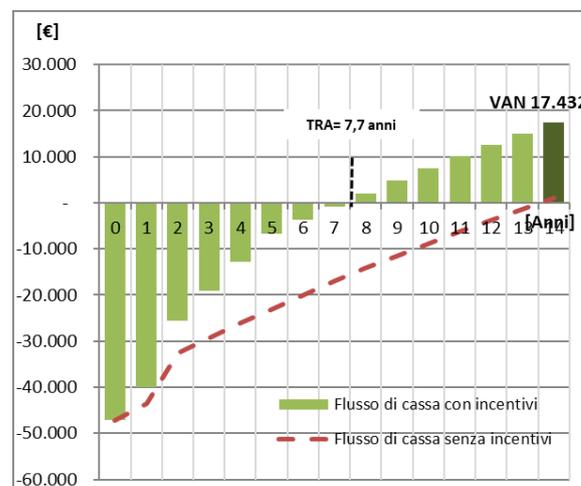


Figura 9.14 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione del generatore ha un TRS di 5,8 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 55% dei costi invece che il 40% perché nella strategia di efficientamento sono state prese in considerazione misure di coibentazione sull'involucro, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 10,3 anni. Pertanto tale intervento rientra su scenari di medio e lungo periodo. Si precisa che negli scenari l'intervento sarà costituito dell'unione di altri con tempi di ritorno maggiori la sua sostenibilità va comunque valutata nell'ambito dello scenario di riferimento.

EEM8: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 8 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.16 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM8– Impianto fotovoltaico scenario 25 anni

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE | |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 22.732 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 20 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 4,2 | 4,2 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 4,7 | 4,7 |
| Valore attuale netto | VAN | 46.924 | 46.924 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 23,1% | 23,1% |
| Indice di profitto | IP | 2,06 | 2,06 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.15 e Figura 9.2.

Figura 9.15 – EEM8: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

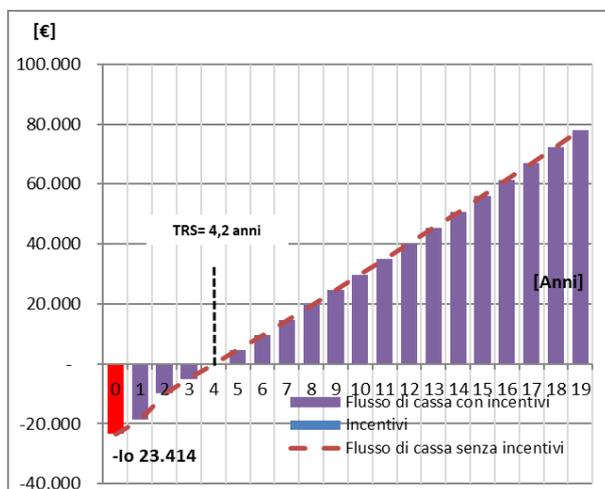
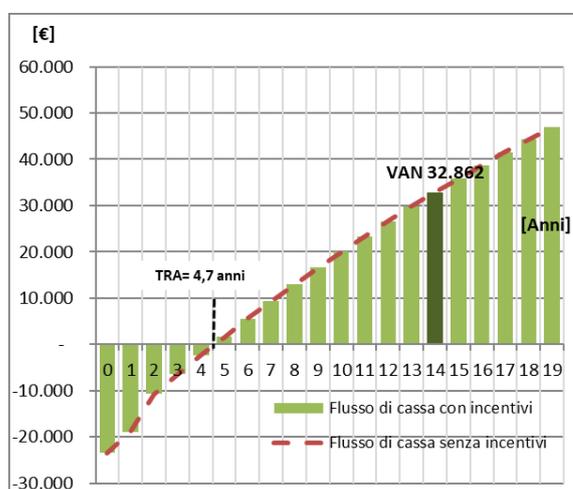


Figura 9.16 – EEM8: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento installazione di un impianto fotovoltaico ha un TRS di 4,2 anni senza incentivi dal Conto Termico. Per questo non c'è alcuna differenza tra lo scenario senza e con incentivo. La valutazione economica risultante consente un risparmio energetico anche a fronte di una spesa con importo pieno.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.17 e Dall'analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione del generatore, la coibentazione della copertura e l'installazione di un impianto FV sono sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell'ambito della categoria "to be lean" hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 20 anni e con VAN negativi. Infine si distingue in "to be green" l'intervento d'installazione del fotovoltaico con un TRS sostenibile.

Tabella 9.1818.

Tabella 9.17 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

| | SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|--------------|--------------|-----------|-----------|----------|
| | % ΔE [%] | % ΔCO_2 [%] | ΔC_E €/anno] | ΔC_{MO} €/anno] | ΔC_{MS} €/anno] | I_0 €] | TRS anni] | TRA anni] | VAN €] | TIR %] | IP -] |
| EEM 1 | 15,1 | 15,6 | 3.919 | 0 | 0 | -60.831 | 14,7 | 22,4 | 11.012>0 | 5,5 | 0,18 |
| EEM 2 | 3,5 | 3,7 | 929 | 0 | 0 | -21.503 | 21 | 35,6 | -3.498<0 | 2,5 | -0,16 |
| EEM 3 | 3,6 | 3,7 | 924 | 0 | 0 | -27.079 | 25,8 | 42,9 | -8.402<0 | 0,9 | -0,31 |
| EEM 4 | 33,3 | 34,5 | 8.760 | 0 | 0 | -364.438 | 35,6 | 55,5 | 172.625<0 | -1,3 | -0,47 |
| EEM 5 | 0,3 | 0,3 | 80,4 | 0 | 0 | -7.898 | 50,1 | 58,8 | -6.061<0 | -17,7 | -0,77 |
| EEM 6 | 7,5 | 6,5 | 1.941 | 0 | 0 | -121.642 | 29,9 | 33,1 | 95.009<0 | -32,6 | -0,78 |
| EEM 7 | 9,3 | 9,6 | 2.405 | 1587 | 422 | -45.756 | 10,3 | 13,7 | 1.136>0 | 4,4 | 0,02 |
| EEM 8 25 anni | 14,1 | 12,2 | 3.664 | 1587 | 422 | -22.732 | 4,2 | 4,7 | 46.924>0 | 23,1 | 2,06 |

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione del generatore, la coibentazione della copertura e l'installazione di un impianto FV sono sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell'ambito della categoria "to be lean" hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 20 anni e con VAN negativi. Infine si distingue in "to be green" l'intervento d'installazione del fotovoltaico con un TRS sostenibile.

Tabella 9.18 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-----------|----------|
| | $\% \Delta_E$ [%] | $\% \Delta_{CO_2}$ [%] | Δ_{CE} €/anno] | Δ_{CMO} €/anno] | Δ_{CMS} €/anno] | I_0 €] | TRS anni] | TRA anni] | VAN €] | TIR %] | IP -] |
| EEM 1 | 15,1 | 15,6 | 3.919 | 0 | 0 | -60.831 | 8,5 | 11,7 | 32.677>0 | 9,6 | 0,54 |
| EEM 2 | 3,5 | 3,7 | 929 | 0 | 0 | -21.503 | 11,9 | 18,8 | 4.160>0 | 6,3 | 0,19 |
| EEM 3 | 3,6 | 3,7 | 924 | 0 | 0 | -27.079 | 14,8 | 25,8 | 1.242>0 | 4,6 | 0,05 |
| EEM 4 | 33,3 | 34,5 | 8.760 | 0 | 0 | -364.438 | 35,6 | 55,5 | 172.625< 0 | -1,3 | -0,47 |
| EEM 5 | 0,3 | 0,3 | 80,4 | 0 | 0 | -7.898 | 50,1 | 58,8 | -6.061<0 | -17,7 | -0,77 |
| EEM 6 | 7,5 | 6,5 | 1.941 | 0 | 0 | -121.642 | 12,3 | 13,7 | 52.249<0 | -13,1 | -0,43 |
| EEM 7 | 9,3 | 9,6 | 2.405 | 1587 | 422 | -45.756 | 5,8 | 7,7 | 17.432>0 | 10,9 | 0,38 |
| EEM 8 25 anni | 14,1 | 12,2 | 3.664 | 1587 | 422 | -22.732 | 4,2 | 4,7 | 46.924>0 | 23,1 | 2,06 |

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi previsti dal Conto Termico del D.M. del 16 febbraio 2016 tutti gli interventi simulati (ad eccezione degli infissi, termoregolazione e LED) raggiungono dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 25 anni con VAN positivi. In queste condizioni sono pertanto ipotizzabili aggregazioni di interventi sostenibili economicamente sia se venissero finanziati direttamente dal Comune di Genova sia attraverso il coinvolgimento di ESCO con FTT. Si segnala inoltre che interventi aggregati sull'intero sistema edificio impianti consentono di aumentare la percentuale di contribuzione relativa al meccanismo incentivante del Conto Termico, migliorando ulteriormente la sostenibilità economica.

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun

scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

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

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: Scenario ottimale TRS≤15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell'involucro termico e del sistema impiantistico
- **Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell'involucro termico e del sistema impiantistico

9.3.1 Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni

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

EEM 1: Insufflaggio pareti perimetrali

EEM 2: Coibentazione copertura della scuola

EEM 3: Coibentazione copertura della palestra

EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
 EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore

Tabella 9.19 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA AI 22% [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|-------------------------------|---|---|--|
| EEM1 Fornitura & Posa | 45328,8 | 9972 | 55301 |
| EEM2 Fornitura & Posa | 16022,9 | 3525 | 19548 |
| EEM3 Fornitura & Posa | 20178 | 4439 | 24617 |
| EEM5 Fornitura & Posa | 5885,6 | 1294,8 | 7180,4 |
| EEM7 Fornitura & Posa | 24367,4 | 5360,8 | 29728 |
| Costi per la sicurezza | 3353 | 738 | 4091 |
| Costi per la progettazione | 7825 | 1721 | 9546 |
| TOTALE (I₀) | 122961 | 27051 | 150012 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) [€] | C _{MS} (IVA INCLUSA) [€] | C _M (IVA INCLUSA) [€] |
| EEM1 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM2 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM3 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM5 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM7 O&M | 1587 | 422 | 2009 |
| TOTALE (C_M) | 1587 | 422 | 2009 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | 82507 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 16501 | |

Nota (18): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%.

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

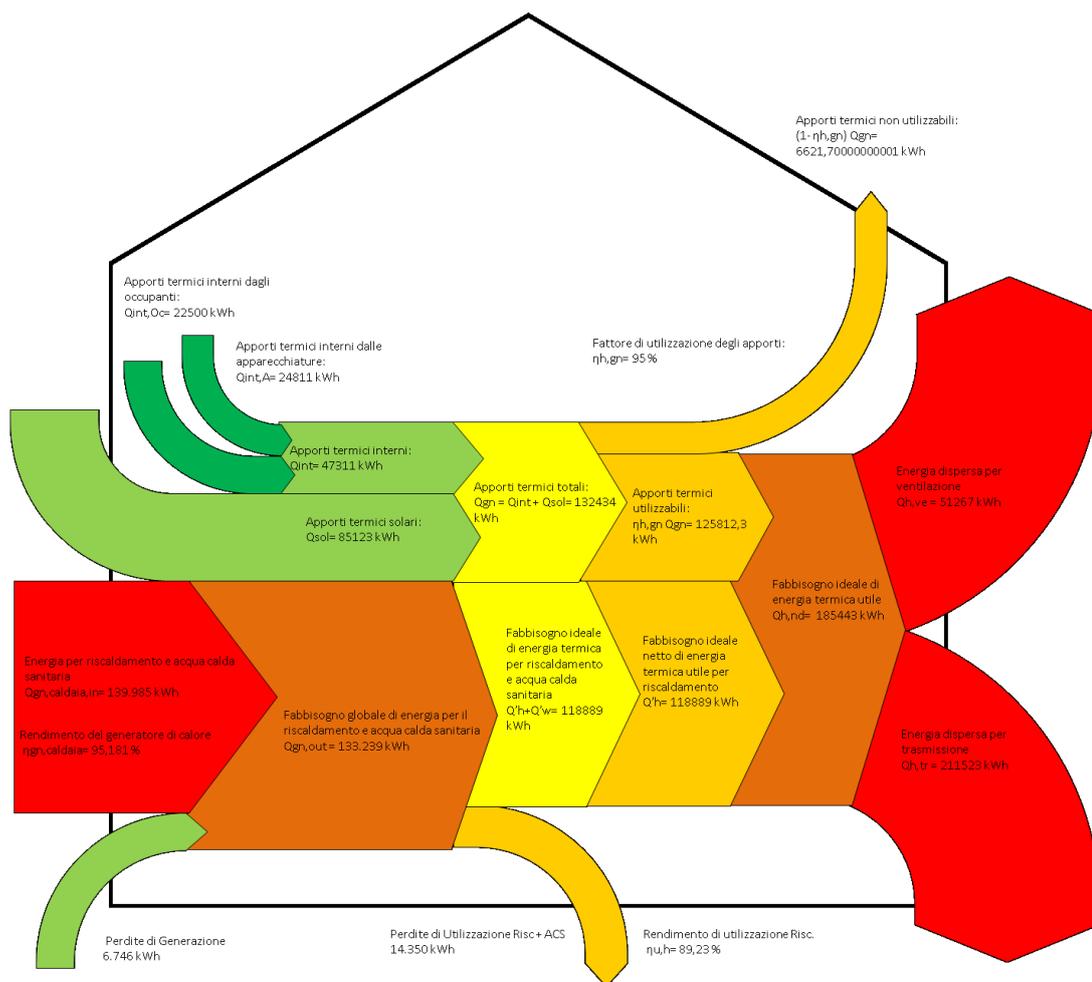
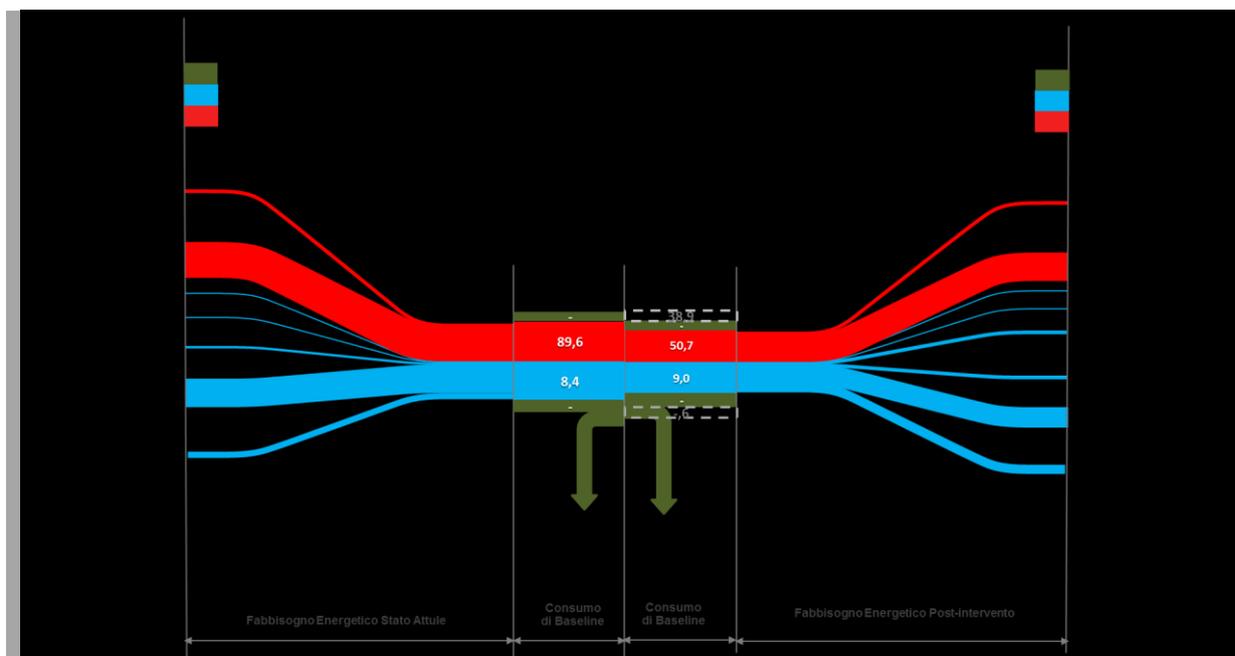


Figura 9.18 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.20 e nella Figura 9.19

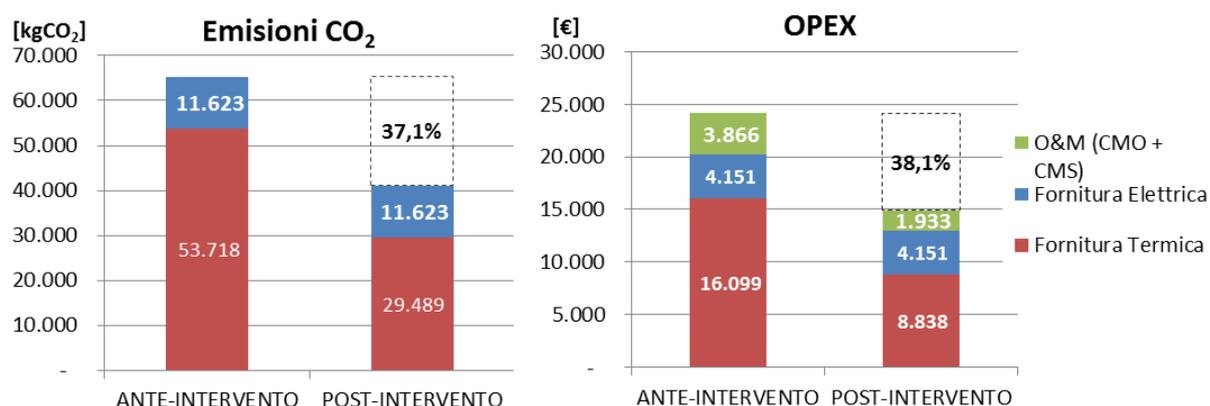
Tabella 9.20 – Risultati analisi SCN1 – Scenario ottimale TRS \leq 15 anni

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| EM1 [Trasmittanza termica] | [W/m ² K] | 1,18 | 0,17 | 85,6% |
| EM2 [Trasmittanza termica] | [W/m ² K] | 1,56 | 0,235 | 84,9% |
| EM3 [Trasmittanza termica] | [W/m ² K] | 1,46 | 0,23 | 84,2% |
| EM5 [Efficienza sottosistema di regolazione] | [%] | 92,8 | 96,4 | -3,9% |
| EM7 [Efficienza sottosistemi di generazione] | [%] | 8130% | 93% | 98,9% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 140.194 | 45,1% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 25.375 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 145.987 | 45,1% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.888 | 24.888 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 29.489 | 45,1% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 11.623 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 41.112 | 37,1% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 16.099 | 8.838 | 45,1% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 4.151 | 4.151 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 20.250 | 12.989 | 35,9% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 1.527 | 50,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 406 | 50,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 1.933 | 50,0% |
| OPEX | [€] | 24.116 | 14.922 | 38,1% |
| Classe energetica | [-] | F | E | -1 classi |

Nota (19) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,061 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,167 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19 - 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 9.21, Tabella 9.22 e Tabella 9.23 e nelle successive figure.

Tabella 9.21 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Scenario ottimale TRS≤15 anni

| PARAMETRI FINANZIARI |
|----------------------|
|----------------------|

E211 – SCUOLA MEDIA "BOCCANEGRA-ENRICO"

| | | |
|--|--|------------------|
| Anni Costruzione | n_i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 14 |
| Anni Concessione | n | 15 |
| Anno inizio Concessione | n_0 | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{CdP} | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$ | $k_{progetto}$ | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 10 |
| Anni Equity | n_E | 14 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_D | € 150.012 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 4.500 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € 154.512 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | € 123.610 |
| Equity | I_E | € 30.902 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | € 14.890 |
| Costo finanziamento,(D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € 148.895 |
| Costi per interessi debito, INT _D | INT_D=q_D*n_D-D | € 25.285 |

Tabella 9.22 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{E0} | € 20.250 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{M0} | € 3.015 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{baseline}$ | € 23.265 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | %ΔC_E | 36,1% |
| Riduzione% costi O&M | %ΔC_M | 50,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | %$C_{baseline}$ | 5,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 7.529 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € 1.163 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 60.128 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 10.551 |
| N° di Canoni annuali | anni | 14 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | 12,22% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € 1.348 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € 1.806 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € 3.211 |

| | | | |
|---------------------------------------|------------------|---|---------------|
| Canone O&M €/anno | CnM | € | 1.565 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € | 14.171 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € | 15.736 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € | 6.366 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € | 22.102 |
| Aliquota IVA % | IVA | | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R _{IVA} | € | 27.051 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R _B | € | 82.507 |
| Durata Incentivi, anni | n _B | | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | | 2022 |

Tabella 9.23 – 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. | | 7,39 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 11,77 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € | 10.560 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | | 5,57% |
| Indice di Profitto | IP | | 7,04% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | | 3,25 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | | 3,79 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € | 8.689 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | | 23,95% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | | 1,120 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | | 0,928 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | | 5,79% |

Figura 9.20 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

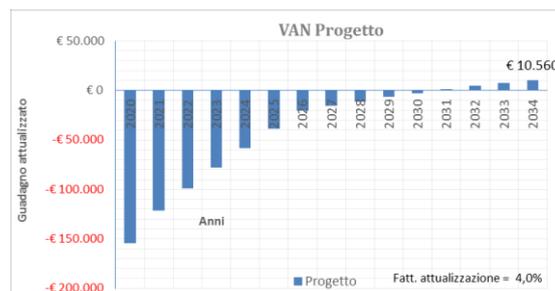
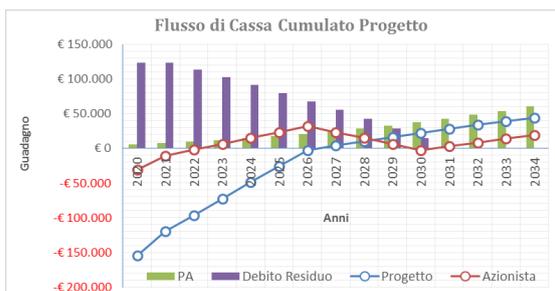


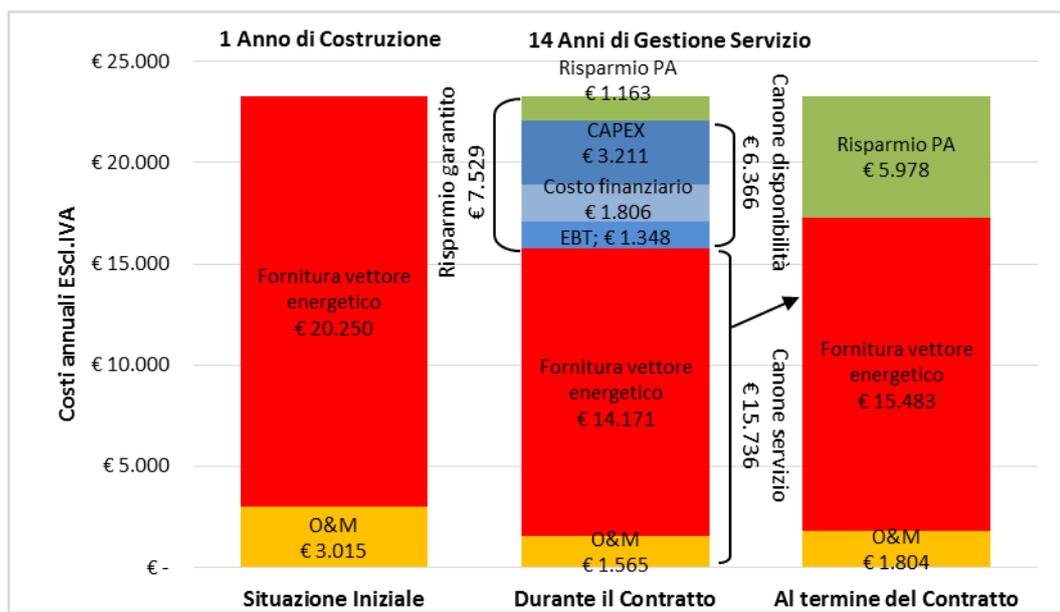
Figura 9.21 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti.

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 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni

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

- EEM 1: Insufflaggio pareti perimetrali
- EEM 2: Coibentazione copertura della scuola
- EEM 3: Coibentazione copertura della palestra
- EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 6: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led
- EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 8: Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.24 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA Al 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------|--------------|----------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 Fornitura & Posa | 45328,8 | 9972 | 55301 |
| EEM2 Fornitura & Posa | 16022,9 | 3525 | 19548 |
| EEM3 Fornitura & Posa | 20178 | 4439 | 24617 |
| EEM5 Fornitura & Posa | 5885,6 | 1294,8 | 7180,4 |
| EEM6 Fornitura & Posa | 90642 | 19941 | 110583 |
| EEM7 Fornitura & Posa | 24367 | 5360,8 | 29728 |
| EEM8 Fornitura & Posa | 16938,7 | 3726,5 | 20662 |
| Costi per la sicurezza | 6581 | 1448 | 8029 |
| Costi per la progettazione | 15355 | 3378 | 18733 |
| TOTALE (I₀) | 241299 | 53085 | 294385 |

| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM2 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM3 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM5 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM6 O&M | 0 | 0 | 0 |
| EEM7 O&M | 1587 | 422 | 2009 |
| EEM8 O&M | 0 | 0 | 0 |
| TOTALE (C_M) | 1587 | 422 | 2009 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | 130531 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 26106 | |

Nota (20): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%.

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

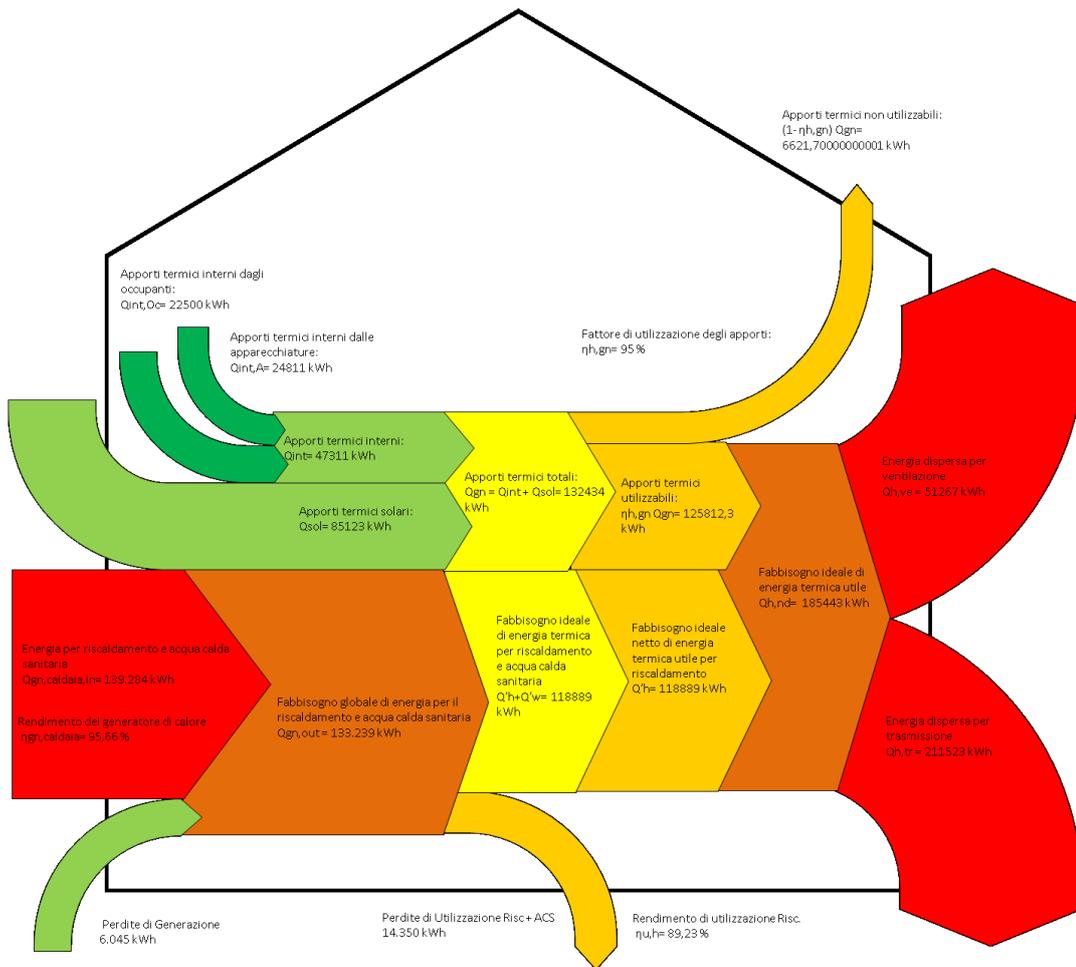
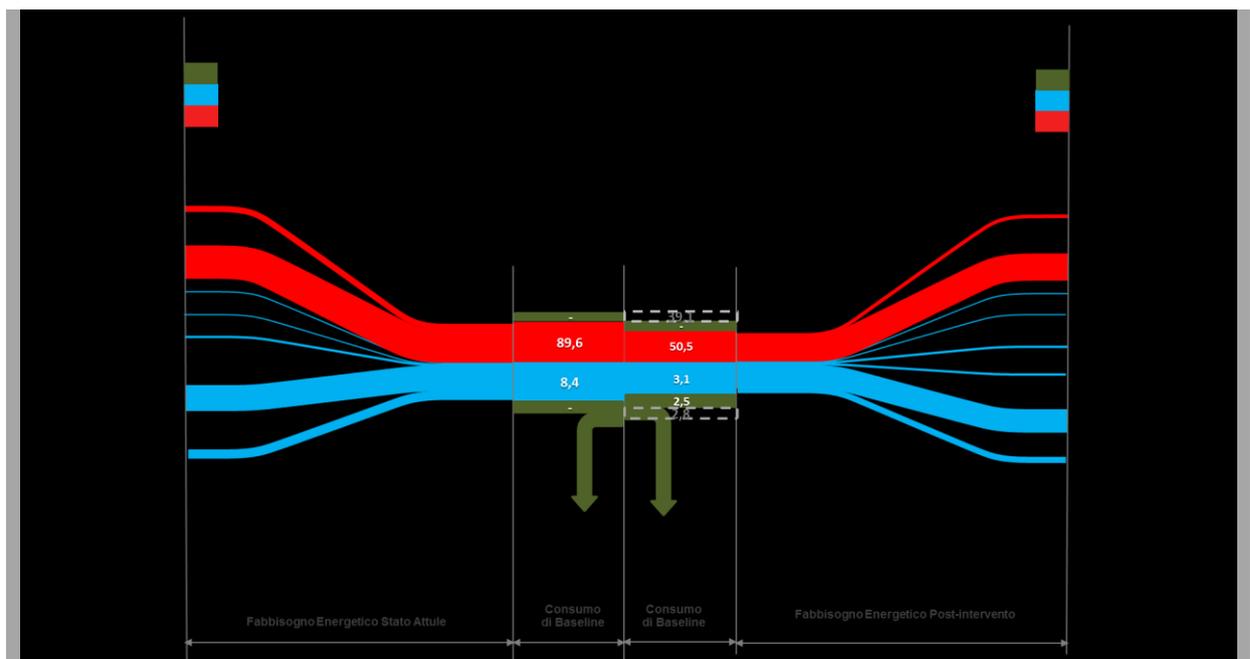


Figura 9.24 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



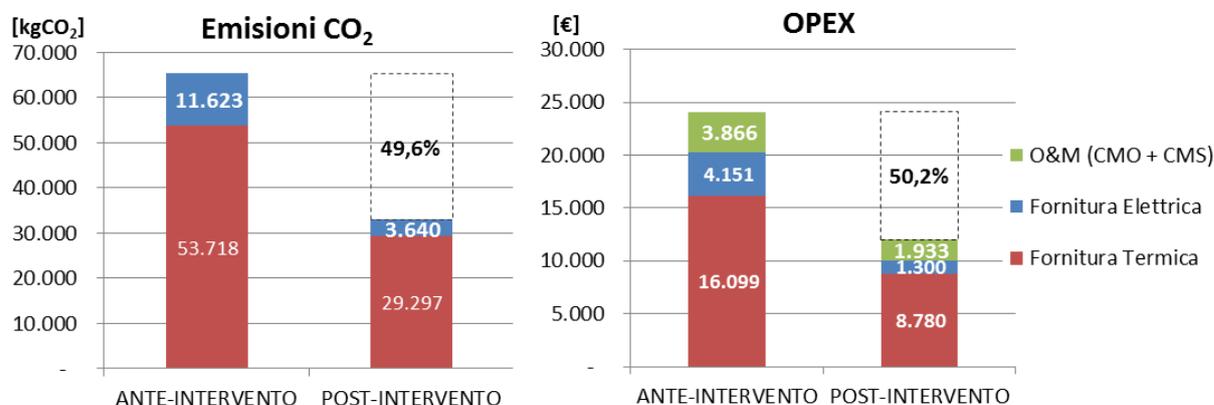
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.20 e nella Figura 9.19

Tabella 9.25 – Risultati analisi SCN2 – Scenario ottimale TRS≤25 anni

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| EM1 [Trasmittanza termica] | [W/m ² K] | 1,18 | 0,17 | 85,6% |
| EM2 [Trasmittanza termica] | [W/m ² K] | 1,56 | 0,235 | 84,9% |
| EM3 [Trasmittanza termica] | [W/m ² K] | 1,46 | 0,23 | 84,2% |
| EM5 [Efficienza sottosistema di regolazione] | [%] | 92,8 | 96,4 | -3,9% |
| EM6 [-] | [-] | [-] | [-] | [-] |
| EM7 [Efficienza sottosistemi di generazione] | [%] | 8130% | 93% | 98,9% |
| EM8 [-] | [-] | [-] | [-] | [-] |
| Q _{teorico} | [kWh] | 255.379 | 139.279 | 45,5% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 25.375 | 7.946 | 68,7% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 265.932 | 145.035 | 45,5% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 24.888 | 7.793 | 68,7% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 53.718 | 29.297 | 45,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 11.623 | 3.640 | 68,7% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 65.341 | 32.937 | 49,6% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 16.099 | 8.780 | 45,5% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 4.151 | 1.300 | 68,7% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 20.250 | 10.080 | 50,2% |
| C _{MO} | [€] | 3.054 | 1.527 | 50,0% |
| C _{MS} | [€] | 812 | 406 | 50,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 3.866 | 1.933 | 50,0% |
| OPEX | [€] | 24.116 | 12.013 | 50,2% |
| Classe energetica | [-] | C | B | +1 classi |

Nota (21) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,061 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,167 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.25 – 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 9.21, Tabella 9.22 e Tabella 9.23 e nelle successive figure.

Tabella 9.26 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Scenario ottimale TRS≤25 anni

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|--|-------------------------|-----------|
| Anni Costruzione | n_i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 24 |
| Anni Concessione | n | 25 |
| Anno inizio Concessione | n_o | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{cdp} | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$ | $k_{progetto}$ | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 12 |
| Anni Equity | n_E | 24 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_o | € 294.385 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 8.832 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € 303.217 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | € 242.573 |
| Equity | I_E | € 60.643 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 9,62 |
| Rata annua debito | q_D | € 25.228 |
| Costo finanziamento, $(D+INT_D)$ | $q_D * n_D$ | € 302.740 |
| Costi per interessi debito, INT_D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € 60.167 |

Tabella 9.27 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|------------------|-----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{Eo} | € 20.250 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{Mo} | € 3.015 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | € 23.265 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | % ΔC_E | 50,2% |
| Riduzione% costi O&M | % ΔC_M | 50,0% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | % $C_{Baseline}$ | 0,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 9.908 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € - |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 110.856 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 15.742 |
| N° di Canoni annuali | anni | 24 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | 19,14% |

| | | | |
|--|--------------------|---|---------------|
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C _{ESCO} | € | 2.418 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C _{FTT} | € | 2.507 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C _{CAPEX} | € | 4.983 |
| Canone O&M €/anno | C _{nM} | € | 1.605 |
| Canone Energia €/anno | C _{nE} | € | 11.751 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | C _{nS} | € | 13.357 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | C _{nD} | € | 9.908 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | C _n | € | 23.265 |
| Aliquota IVA % | IVA | | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R _{IVA} | € | 53.086 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R _B | € | 130.531 |
| Durata Incentivi, anni | n _B | | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | | 2022 |

Tabella 9.28 – 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. | 12,00 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 20,77 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 14.821 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | 4,79% |
| Indice di Profitto | IP | 5,03% |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 9,70 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 21,66 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 2.253 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | 10,15% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 0,997 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 1,111 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | 0,77% |

Figura 9.26 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

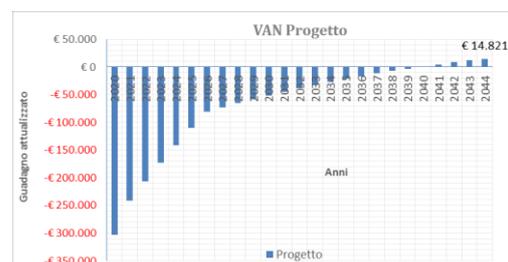
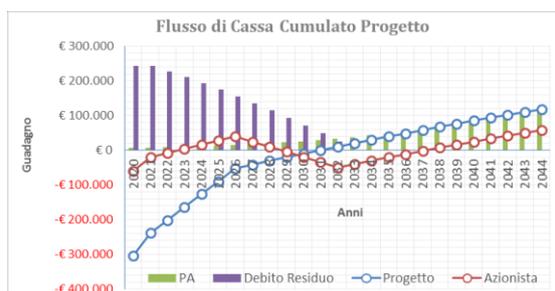


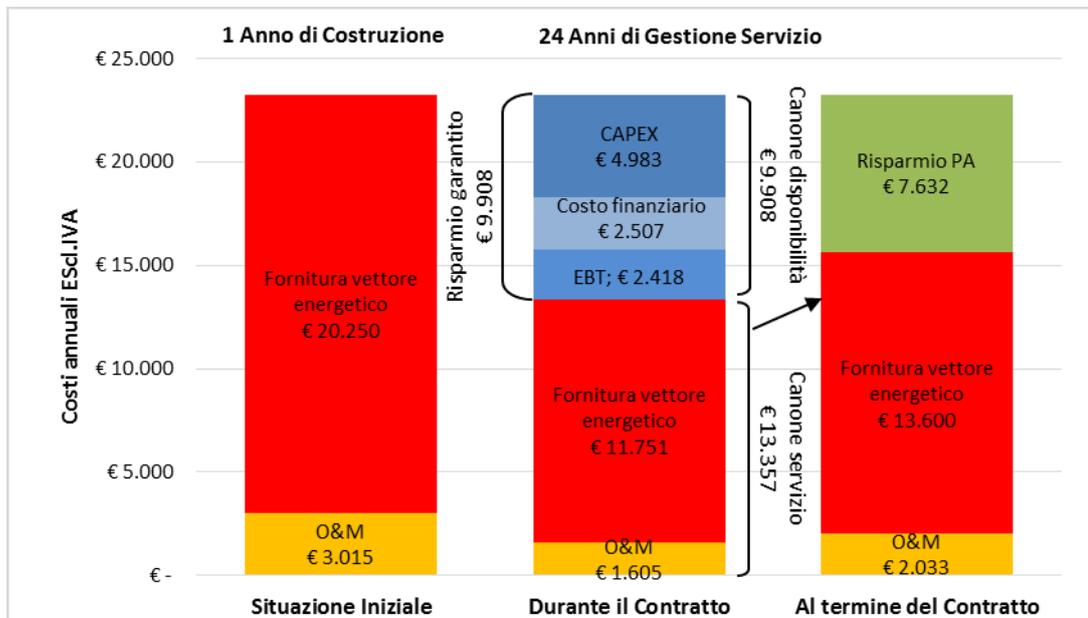
Figura 9.27 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell’azionista tra l’ottavo ed il quattordicesimo anno.

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 9.28 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la Scuola Media "Boccanegra Enrico" e Scuola "Vespertina Borgoratti" presenta ampie possibilità di efficientamento. Tale obiettivo potrebbe essere raggiunto attraverso la realizzazione di misure di efficientamento energetico con tempi di ritorno semplici piuttosto contenuti considerando la possibilità di accedere agli incentivi previsti per le PA dal "Conto Termico". Sono stati inoltre simulati alcuni scenari su medio lungo periodo prevedendo interventi aggregati i cui costi/benefici potrebbero essere appetibili per un intervento che vede il coinvolgimento di investitori privati ed ESCo.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le conclusioni del processo di audit attraverso:

riassunto degli indici di performance energetica

- lista delle raccomandazioni ed opportunità di risparmio energetico con la stima della loro fattibilità tecnico – economica;
- programma di attuazione delle raccomandazioni proposte;
- potenziali interazioni fra le raccomandazioni proposte;
- proposta di un piano di misure e verifiche per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si riportano di seguito gli indici di prestazione energetica conseguenti all'attuazione degli scenari ottimali SCN1 e SCN2.

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | U.M. | ANTE INTERVENTO | | SCN1 | | SCN2 | | |
|--|-------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------|
| | | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | |
| Globale non rinnovabile | EP _{gl} | kWh/mq anno | 106.99 | 111 | 64,75 | 68.41 | 54.48 | 58.28 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 90.98 | 91.13 | 49.96 | 50.05 | 49.6 | 49.74 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _W | kWh/mq anno | 0.29 | 0.36 | 0.29 | 0.36 | 0.16 | 0.26 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | - | - | - | - | - | - |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | - | - | - | - | - | - |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 14.53 | 18.04 | 13.31 | 16.52 | 1.14 | 7.23 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 1.19 | 1.48 | 1.19 | 1.48 | 0.59 | 1.04 |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 27 | 29 | 12 | 14 | 10 | 11 |

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sulla base delle analisi tecnico ed economiche effettuate sulle singole misure di efficienza energetica è stato possibile definire un elenco di interventi prioritari oltre che due possibili scenari aggregati.

L'elenco delle priorità è stato definito sulla base del valore di TRS raggiunto. Le EEM con un valore minore saranno le prime che si suggerisce di realizzare mentre quelle con TRS più alto dovranno essere realizzate in seguito.

Inoltre le opportunità di intervento sono state definite sulla base delle fattibilità tecniche ed economiche, privilegiando gli interventi "to be lean" rispetto a quelli "to be clean" e "to be green" suddivise sulla base di quanto indicato

Gli interventi "to be lean" simulati sono stati:

EEM 1: Insuflaggio fiocchi di cellulosa nelle intercapedini dei muri verticali

EEM 2: Coibentazione dell'interno di parte della copertura della scuola con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm)

EEM 3: Coibentazione dall'interno della copertura della palestra con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm).

EEM 4: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$

EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione

EEM 6: Installazione di sistemi di illuminazione a LED

Gli interventi "to be clean" simulati sono stati:

EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore

Gli interventi "to be green" sono stati:

EEM 8 Installazione impianto fotovoltaico

Successivamente sono stati individuati due scenari di interventi aggregati su cui sono state calcolati gli indicatori economici a 15 e a 25 anni:

Interventi previsti nello scenario a 15 anni:

- EEM 1: Insuflaggio fiocchi di cellulosa nelle intercapedini dei muri verticali
- EEM 2: Coibentazione dell'interno di parte della copertura della scuola con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm)
- EEM 3: Coibentazione dall'interno della copertura della palestra con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm).
- EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore

Interventi previsti nello scenario a 25 anni:

- EEM 1: Insuflaggio fiocchi di cellulosa nelle intercapedini dei muri verticali
- EEM 2: Coibentazione dell'interno di parte della copertura della scuola con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm)
- EEM 3: Coibentazione dall'interno della copertura della palestra con lana di roccia e finitura in cartongesso (sp=12+2cm).
- EEM 5: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 7: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 8 Installazione impianto fotovoltaico
- EEM 6: Installazione di sistemi di illuminazione a LED

Tabella 10.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be Lean, caso con incentivi

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|------------------|-------|--------|--------|-----|-----|-----|------|------|
| | % ΔE | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{M_s} | I_0 | TRS | TRA | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| priorit | [%] | [%] | [€/an] | [€/an] | [€/a] | [€] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |

| | à | no] | no] | nno] |] | | | | | | | | | |
|-------|---|------|------|-------|---|---|----------|------|------|-----------|-------|-------|-----|-----|
| EEM 1 | 1 | 15,1 | 15,6 | 3.919 | 0 | 0 | -60.831 | 8,5 | 11,7 | 32.677>0 | 9,6 | 0,54 | n/a | n/a |
| EEM 2 | 2 | 3,5 | 3,7 | 929 | 0 | 0 | -21.503 | 11,9 | 18,8 | 4.160>0 | 6,3 | 0,19 | n/a | n/a |
| EEM 3 | 4 | 3,6 | 3,7 | 924 | 0 | 0 | -27.079 | 14,8 | 25,8 | 1.242>0 | 4,6 | 0,05 | n/a | n/a |
| EEM 4 | 5 | 33,3 | 34,5 | 8.760 | 0 | 0 | -364.438 | 35,6 | 55,5 | 172.625<0 | -1,3 | -0,47 | n/a | n/a |
| EEM 5 | 6 | 0,3 | 0,3 | 80,4 | 0 | 0 | -7.898 | 50,1 | 58,8 | -6.061<0 | -17,7 | -0,77 | n/a | n/a |
| EEM 6 | 3 | 7,5 | 6,5 | 1.941 | 0 | 0 | -121.642 | 12,3 | 13,7 | -52.249<0 | -13,1 | -0,43 | n/a | n/a |

Tabella 10.3 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be clean, caso con incentivi

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|----------|------|------|------|------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/ann o] | [€/ann o] | [€/ann o] | [€] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| EEM 7 | 9,3 | 9,6 | 2.405 | 1587 | 422 | -45.756 | 5,8 | 7,7 | 17.432>0 | 10,9 | 0,38 | n/a | n/a |

Tabella 10.4 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be green, caso con incentivi

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|----------|------|------|------|------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/ann o] | [€/ann o] | [€/ann o] | [€] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| EEM 8 25 anni | 14,1 | 12,2 | 3.664 | 1587 | 422 | -22.732 | 4,2 | 4,7 | 46.924>0 | 23,1 | 2,06 | n/a | n/a |

Tabella 10.5 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica scenari di intervento a 15 e 25 anni, caso con incentivi

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|----------|--------|--------|-------|-----|------|------|------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/ann o] | [€/ann o] | [€/ann no] | [€] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| SCN 1 | 35,9 | 37,1 | 7.261* | 1.191* | 317* | -150.012 | 3,2 | 3,8 | 8.689 | 24 | 5,8 | 1,1 | 0,9 |
| SCN 2 | 50,2 | 49,6 | 10.170* | 1.191* | 317* | -294.385 | 9,7 | 22 | 2.253 | 10 | 0,77 | 0,99 | 1,1 |

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

In conclusione è possibile ipotizzare che gli interventi simulati negli scenari aggregati possano essere realizzati sia attraverso investimenti propri del comune di Genova sia attraverso l'attivazione di un Energy Performance Contracting di durata pluriennale, con una ESCo, in cui è previsto il raggiungimento della prestazione di efficientamento energetico simulata e riportata nel presente Rapporto di Diagnosi e di anno in anno verificata e monitorata.

Il risparmio garantito negli EPC è pertanto un valore contrattuale e la ESCo dovrà garantire annualmente il raggiungimento di tale performance calcolata in unità fisiche (es. MWh, lt, mc, ecc.). Se il risparmio ottenuto sarà minore rispetto a quello previsto da contratto il valore economico dell'extra consumo dovrà essere rimborsato dalla ESCo alla pubblica amministrazione secondo procedure stabilite dal contratto stesso. Se il risparmio è più alto rispetto al previsto il valore economico dell'extra-risparmio sarà diviso tra la ESCo e la P.A. proprietaria dell'edificio in accordo con la metodologia definita dal contratto (es. 70%-30%)

L'attendibilità del valore del risparmio energetico raggiunto dipende dalla qualità delle misure e delle verifiche (M&V) effettuate. Per rendere il processo il più trasparente possibile è necessario allegare

al contratto EPC un Piano di Verifica e Monitoraggio della Prestazione e prevedere una VERIFICA DI PARTE TERZA.

All'interno dei Contratti EPC dovrà pertanto essere allegato un **Piani di Verifica e Monitoraggio della Prestazione** redatto in ottemperanza di quanto previsto dalla metodologia indicata dall'International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

All'interno dei PMVP dovranno essere definite le modalità di misura e verifica delle prestazioni prevedendo la possibilità di verifiche delle frequenze di utilizzo, aggiustamenti e normalizzazione sulla base degli effettivi volumi riscaldati e delle condizioni climatiche.

Si suggerisce inoltre di prevedere la creazione di una commissione paritetica costituita da tre esperti, uno in rappresentanza del Comune di Genova uno della Esco ed uno esterno, i cui ruoli potranno essere definiti all'interno del PMVP, a titolo di esempio vengono riportati i possibili ruoli e funzioni all'interno della commissione:

- Raccolta dati dai meter (ESCo expert)
- Raccolta dati delle temperature esterne (ESCo expert)
- Verifica dei volumi riscaldati e dei fattori di occupazione (P.A. expert)
- Verifica delle temperature interne (P.A. expert)
- Verifica dei prezzi dell'energia (ESCo expert)
- Aggiustamenti e normalizzazioni (Terza parte expert)
- Approvazione delle misure e verifiche (Tutti)
- Report e definizione dei risparmi ottenuti (Terza parte expert)

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

| Titolo | Data | Nome file |
|--|------------|--|
| 01_Planimetrie | 08.11.17 | 01_Involucro E00211, PIAN1, PIAN2, PIAN3, PIAN4, PIANOS, PIAN6, PIANC, PIAN7 |
| | | 02_Termici 166-P01-014-CENTRALE TERMICA, L1-042- 166-P00, L1-042-166-P01, L1-042-166-P02, L1-042-166-P03, L1-042-166-P04, L1-042- 166-P05, L1-042-166-P00-Checklist, L1-042- 166-P01-Checklist, L1-042-166-P02-Checklist, L1-042-166-P03-Checklist, L1-042-166-P04-Checklist, L1-042- 166-P05-Checklist |
| | | 03_Elettrici: vuoto |
| 02_Manutenzioni | 08.11.17 | 01_Involucro: vuoto |
| | | 02_Termici: vuoto |
| | | 03_Elettrici: vuoto |
| | | 04_FER: vuoto |
| 03_Consumi (Bollette elettricità 2014) | 24.07.2018 | 5700065497, 5700098222, 5700134953 5700176198, 5700214976, 5700248943 5700291175, 5700345592, 5700411925 5700373692, 5700492869, 5700492869 |
| | | 5700492869, 5700544104, 5750082199 5700544104, 5750082199, E000140854 E000163939, E000175682, E000337532 E000163939, E000234075, E000281530 E000163939, E000386686, E000281530 E000337532, E000163939, E000386686 E000337532, E000163939, E000386686 E000163939, E000432873, E000483592 E000018567, E000163939, E000483592 E000018567, E000084155, E000163939 E000018567, E000084155, E000163939 E000310255, E000150600 |
| 03_Consumi (Bollette elettricità 2015) | 24.07.2018 | E000150600, E000084156, E000194183 E000334614, E000238247, E000334614 E000150600, E000194183, E000194183 E000238247, E000278564, E000334614 011640025282, 011640087960, 011640025282, 011640048525 011640060836, 011640074909 011640119828, 011740039685 011640100084, 011740011499 |
| 03_Consumi (Bollette elettricità 2016) | 24.07.2018 | 011640025282, 011640087960, 011640025282, 011640048525 011640060836, 011640074909 011640119828, 011740039685 011640100084, 011740011499 |
| Tabella riepilogativa scuole | 19.07.18 | kyotoBaseline-E211_rev10.xls |

ALLEGATO B – ELABORATI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|----------|-----------------------------------|
| Allegato B Elaborati | 27.07.18 | |
| Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF) | | DE_Lotto.9-E211_Elaborati_PT |
| | | DE_Lotto.9-E211_Elaborati_P1 |
| | | DE_Lotto.9-E211_Elaborati_P2 |
| | | DE_Lotto.9-E211_Elaborati_P3 |
| | | DE_Lotto.9-E211_Elaborati_P4 |
| | | DE_Lotto.9-E211_Elaborati_P5 |
| | | DE_Lotto.9-E211_Elaborati_P6 |
| Foto Sopralluogo | | |
| File Grafici | | DE_Lotto.9-E211-AllegatoB-Grafici |



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| Titolo | Data | Nome file |
|-----------------|----------|---------------------|
| Allegato C E211 | 14.05.18 | Allegato C E211.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

| Titolo | Data | Nome file |
|--|----------|--|
| ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali | 14.05.18 | Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E211.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|----------|--------------------------------|
| ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli | 14.05.18 | DE_E211_Baseline – Calcoli.rtf |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|----------|-------------|
| ALLEGATO F Certificato CTI Software | 14.05.18 | CertCTI.pdf |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| Titolo | Data | Nome file |
|--------------------|----------|--------------------------|
| APE STATO DI FATTO | 14/05/18 | DE_E211_APE_Baseline.rtf |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------------|----------|---|
| APE SCENARIO 15 ANNI | 14/05/18 | DE_E3_APE_SCN15anni_LED_VALVOLE_SOTT_GENERATORE - APE2015.rtf |
| APE SCENARIO 25 ANNI | 14/05/18 | DE_E3_APE_SCN25anni_CAPPOTTO_GENERATORE_VALVOLE_LED_SOTTOT_COPERT - APE2015.rtf |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------------|----------|---------------------|
| ALLEGATO I Dati climatici | 14.05.18 | GG_Lotto.9-E211.xls |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------|----------|--------------------------------------|
| ALLEGATO J Schede Audit | 14.05.18 | E 211_Scheda Audit_Template_rev2.xls |
| | | |
| | | |

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| Titolo | Data | Nome file |
|-----------------------|----------|----------------------|
| ALLEGATO K Schede ORE | 14.05.18 | Schede ORE_E 211.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|------------------|----------|----------------------|
| ANALISI PEF E211 | 14/05/18 | E211_AnalisiPEF.xlsx |

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| Titolo | Data | Nome file |
|--------------------------------|----------|----------------------------|
| ALLEGATO M Report di Benchmark | 14.05.18 | Lotto.9_benchmark E211.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO N – CD-ROM