

# Scuola primaria "Giosuè Borsi"

E670

Via Fratelli Cervi, 1

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

 eden  
edilizia energetica

# Scuola primaria “Giosuè Borsi”

**E670**

**Via fratelli Cervi, 1**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

[Gruppo Eden srls

Via della Barca 24/3, 40133, Bologna

Tel: 051-7166459 – [info@gruppoeden.it](mailto:info@gruppoeden.it)

**REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI**

<b>Revisione</b>	<b>Data</b>	<b>Realizzazione</b>	<b>Revisione</b>	<b>Approvazione</b>	<b>Descrizione</b>
Rev. A	24/04/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. B	31/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione

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

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

## INDICE

## PAGINA

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO.....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI .....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO .....	9
<b>3 DATI CLIMATICI.....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	14
<i>Involucro opaco .....</i>	<i>14</i>
<i>Involucro trasparente .....</i>	<i>16</i>
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
<i>Sottosistema di emissione .....</i>	<i>18</i>
<i>Sottosistema di regolazione.....</i>	<i>19</i>
<i>Sottosistema di distribuzione.....</i>	<i>20</i>
<i>Sottosistema di generazione.....</i>	<i>23</i>
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.9. ....</b>	<b>23</b>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	24
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.11. ....</b>	<b>24</b>
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	25
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	25
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	26
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	27
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>28</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	28
<i>Energia termica.....</i>	<i>28</i>
<i>Energia elettrica.....</i>	<i>32</i>
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	36
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO .....</b>	<b>40</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	40
<i>Validazione del modello termico.....</i>	<i>41</i>
<i>Validazione del modello elettrico.....</i>	<i>42</i>
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>46</b>

7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	46
	<i>Vettore termico</i> .....	46
	<i>Vettore elettrico</i> .....	49
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	52
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	53
<b>TABELLA 7.8 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE.....</b>		<b>53</b>
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>55</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	55
	8.1.1 <i>Involucro edilizio</i> .....	55
	8.1.2 <i>Impianto di riscaldamento</i> .....	60
	8.1.3 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	62
	8.1.4 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	63
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>66</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	78
	9.3.1 <i>Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6</i> .....	80
	9.3.2 <i>Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4</i> .....	85
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>92</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	92
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	92
	10.2.1 <i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:</i> .....	92
	10.2.2 <i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i> .....	93
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	94
<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO B – ELABORATI.....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO N – CD-ROM.....</b>		<b>1</b>

## 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		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)	
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.580,20
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.396,53
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	6.272,18
Rapporto S/V	[1/m]	0,542
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.623,38
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.794,00
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.428,28
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.222,28
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori tradizionali a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	192
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Scalda acqua a gas naturale e boiler elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	36,95
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	125.151
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.028,51
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.202
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.372,42

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

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

## E670 – Scuola primaria “Giosuè Borsi”

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													
	% $\Delta E$ %	% $\Delta CO_2$ %	$\Delta C_E$ €/anno	$\Delta C_{MO}$ €/anno	$\Delta C_{MS}$ €/anno	$I_0$ [€]	TRS anni	TRA anni	n anni	VAN €	TIR %	IP -	DSCR	LLCR
EEM1	13,7%	14,4%	2.114,6	0,0	0,0	-68.614,5	16,5	30,2	30	-525,2	3,9%	0,0	[n/a]	[n/a]
EEM2	17,9%	18,7%	2.751,1	0,0	0,0	-72.687,0	13,7	22,7	30	7.724,2	5,3%	0,1	[n/a]	[n/a]
EEM3	21,7%	22,7%	3.335,4	0,0	0,0	-162.502,2	23,7	36,5	30	-29.794,3	1,3%	-0,2	[n/a]	[n/a]
EEM4	9,1%	9,6%	1.408,4	9.394,9	2.497,4	-19.663,2	1,4	1,5	15	109.803,7	65,8%	5,6	[n/a]	[n/a]
EEM5	15,0%	14,1%	2.305,7	0,0	0,0	-27.579,3	6,7	8,7	8	-2.187,3	1,5%	-0,1	[n/a]	[n/a]
EEM6	15,2%	14,3%	2.345,4	0,0	0,0	-33.104,5	13,5	20,4	20	-649,3	3,8%	0,0	[n/a]	[n/a]
SCN1	67,0%	67,0%	1.774,5	6.761,1	3.739,5	-223.526,7	7,8	10	15	40.973,0	7,5%	18,3	1,10	1,52
SCN2	46,7%	48,9%	8.201,2	3.739,5	994,1	-325.345,1	11,2	17	25	43.217,7	5,9%	13,3	1,12	1,13

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

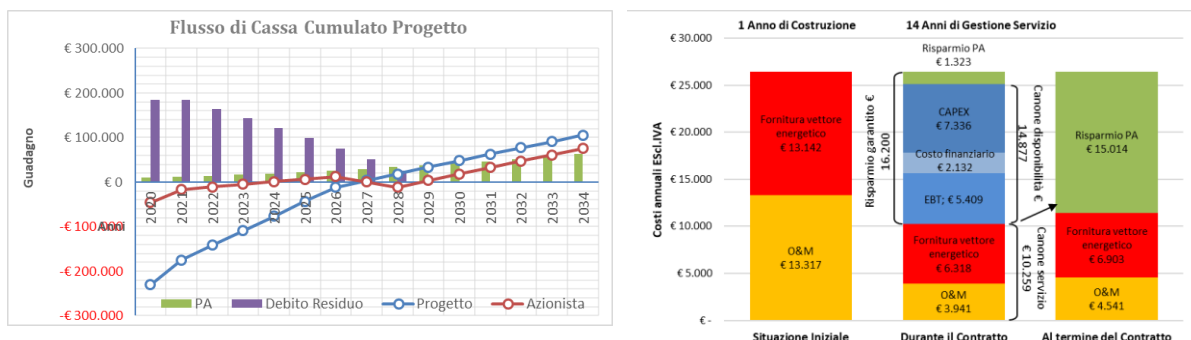
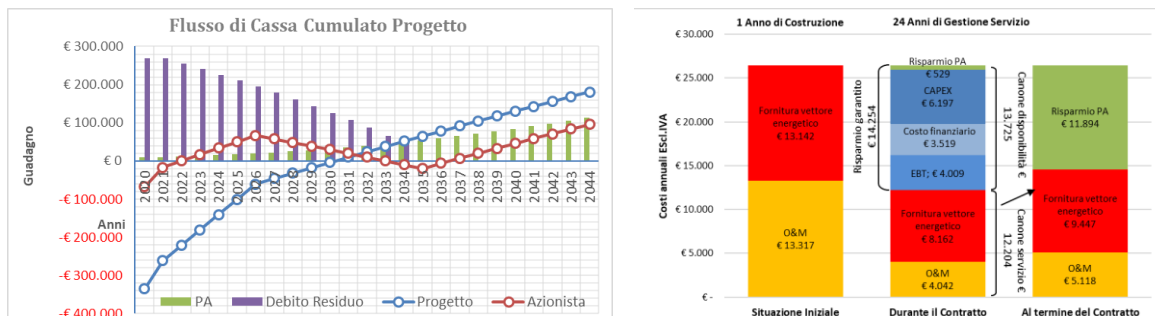


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l’involucro sia l’impianto nel rispetto dei vincoli dell’edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

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



## INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata [esposta a Nord]





### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 34 Mapp. 1591 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Marassi, in via Fratelli Cervi 1.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a sede dell'istituto comprensivo Quezzi, di cui fa parte la scuola primaria “Giosuè Borsi” presente all'interno dell'edificio.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.580,20
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.396,53
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	6.272,18
Rapporto S/V	[1/m]	0,542

Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.623,38
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.794,00
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.428,28
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.222,28
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori tradizionali a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	192
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Scalda acqua a gas naturale e boiler elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	36,95
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	125.151
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.028,51
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.202
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.372,42

Nota (1): Valori di Baseline

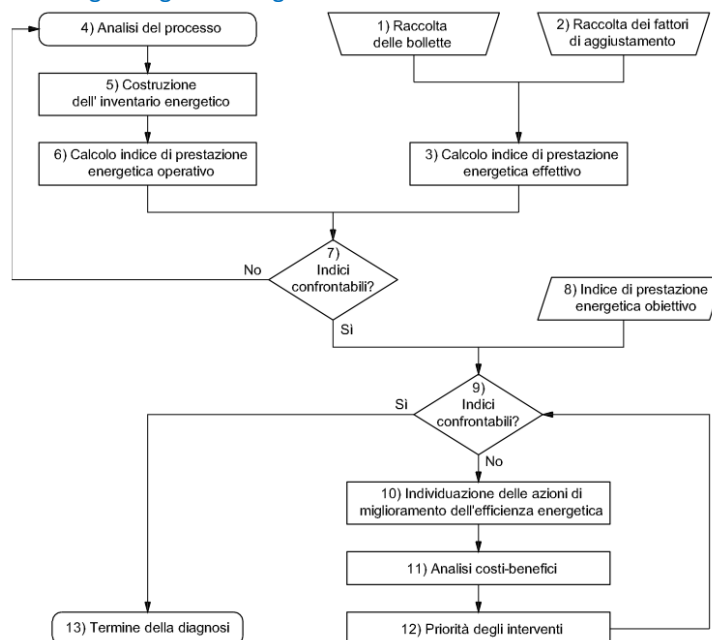
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo 4.2, rilasciato dalla Namirial Spa in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in data 29/06/2016, protocollo n.71, come rispondente alle specifiche tecniche UNI TS 11300, ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e

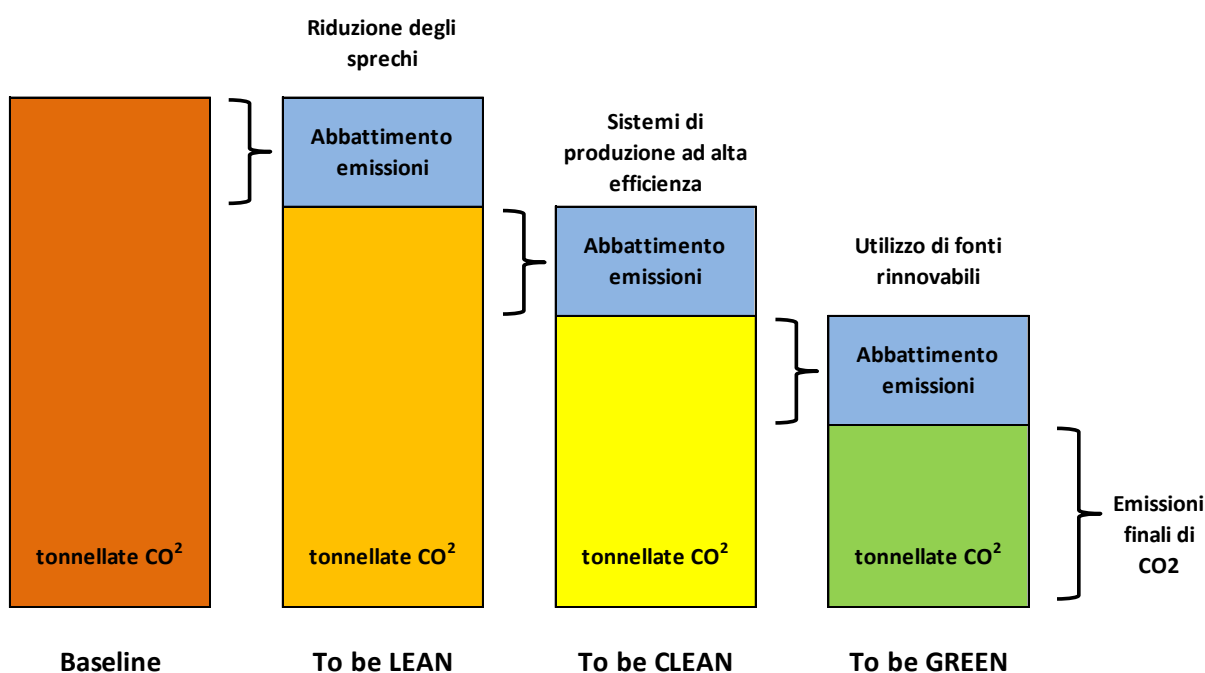
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali ( $GG_{real}$ ), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento ( $GG_{rif}$ );
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di  $CO_2$ ) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
  - k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
  - l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
  - m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
  - n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
  - o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
  - p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
  - q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCO;
  - r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
  - s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 0.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 0.4

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



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, secondo tre livelli consequenziali:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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





L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da due piani fuori terra e un piano seminterrato, nei quali si sviluppano le varie attività scolastiche, tutte le attività collegate all’utilizzo della palestra e i locali tecnici della centrale termica.

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

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

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio (Fonte: Google maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Seminterrato	Palestra, locali tecnici	[m <sup>2</sup> ]	272,045	228,869	0
Terra	Aule scolastiche, cucina, mensa	[m <sup>2</sup> ]	1.051,20	962,371	0
Primo	Aule scolastiche	[m <sup>2</sup> ]	435,74	388,96	0
<b>TOTALE</b>		<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>1.758,985</b>	<b>1.580,200</b>	<b>0</b>

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

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

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

Dal punto di vista storico l’edificio risale agli anni 60 del XX secolo e non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento pareti esterne	-		-
EEM 2: Isolamento copertura	-		-
EEM 3: Sostituzione Infissi e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: Sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led	-		-
EEM 6: Installazione di un impianto fotovoltaico	-		-

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.

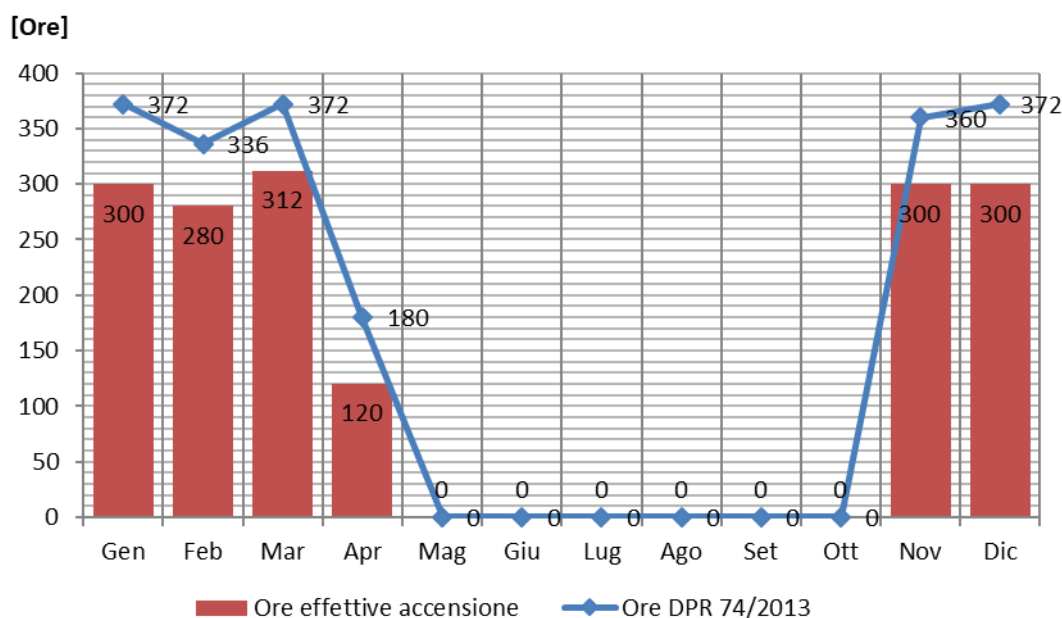
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.00	5.00 – 17.00
	Sabato	-	5.00 – 17.00
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.00	-

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura e risulta che gli impianti vengono tenuti accesi a volte anche il sabato.

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 1159 GG calcolati su 134 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<sub>rif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG<sub>rif</sub>

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 <sub>risc</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	19	25	240	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	23	222	19%
Marzo	31	11,1	31	276	20	26	231	20%
Aprile	30	15,3	31	71	20	10	49	4%
Maggio	31	18,7	15	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	18	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	25	168	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	25	250	22%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>245</b>	<b>134</b>	<b>1159</b>	<b>100%</b>

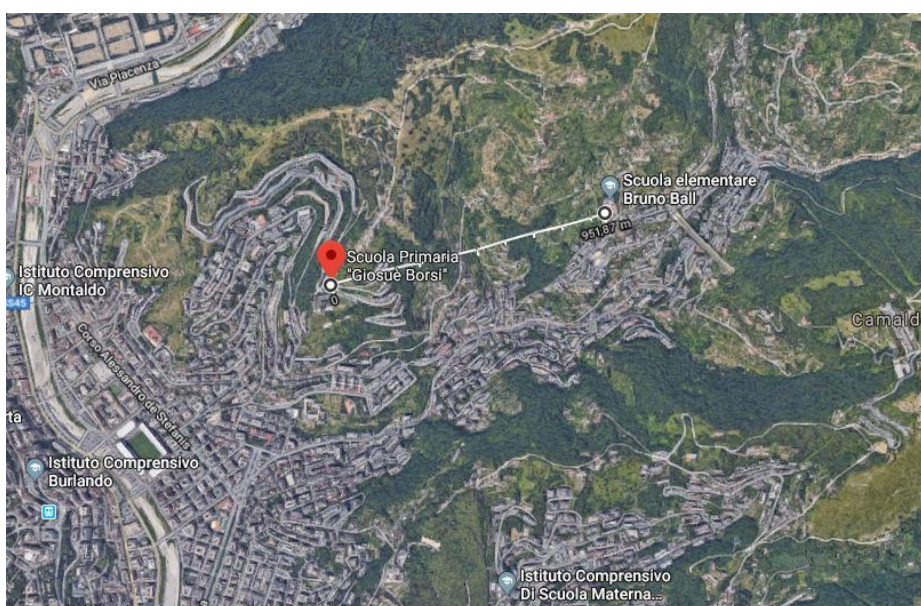
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica più vicina “GENOVA QUEZZI” in via Salita della Costa dei Ratti 6.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE, a circa 950 m di distanza in linea d’aria.

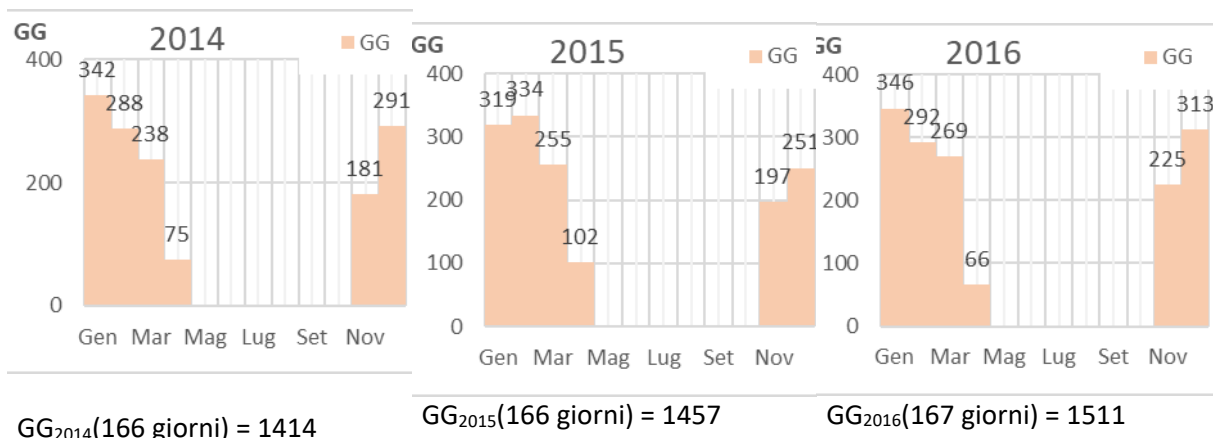
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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

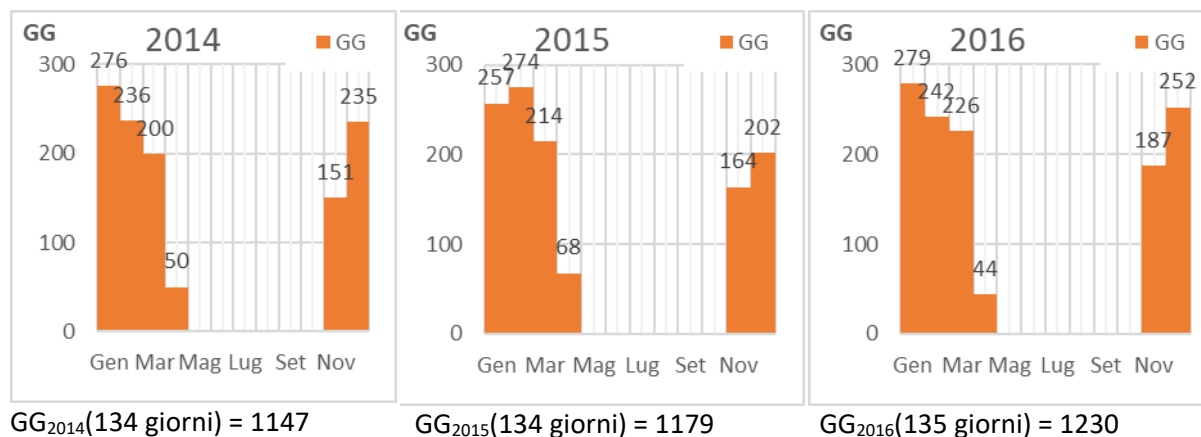


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1185 GG calcolati su 134 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i  $GG_{real}$  ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG.



## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

### 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

#### Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è composto da una muratura costituita prevalentemente da un pannelli prefabbricati in calcestruzzo e mattoni forati. La copertura dell'edificio è piana, costituita da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale



Figura 4.2 - Particolare della facciata retrostante

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



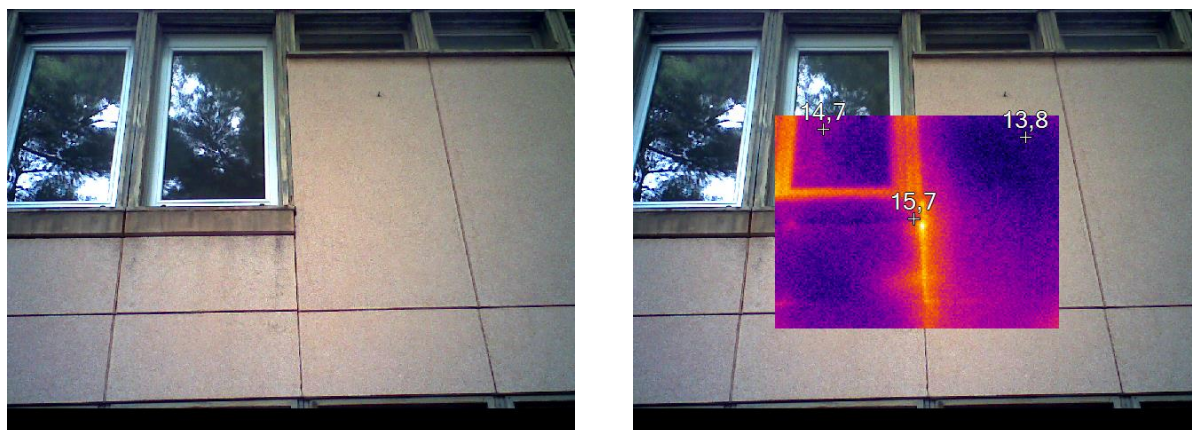
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si notino in particolare un infisso e la zona del muro esterno al di sotto della finestra in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell'edificio.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	PE - 40	40	Assente	1,417	Sufficiente
Parete verticale	PE - 30	30	Assente	1,51	Sufficiente
Parete verticale	PE - 26	26	Assente	1,551	Sufficiente
Solaio interpiano	Solaio laterocemento	30	Assente	1,303	Sufficiente
Copertura piana	Copertura	30	Assente	1,422	Sufficiente

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

## Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in metallo senza taglio termico e vetri singoli. Sono presenti anche porte finestre in metallo e vetro singolo.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti



Figura 4.6 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro



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

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



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

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	115x100	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,75	Sufficiente
Serramento verticale	F2	245x343	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,72	Sufficiente
Serramento verticale	F3	81x100	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,76	Sufficiente
Serramento verticale	F4	480x200	Metallo con taglio termico	Vetro doppio	3,11	Buono
Serramento verticale	F5	228x274	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,72	Sufficiente
Serramento verticale	F6	223x283	Metallo senza Taglio termico	Vetro singolo	5,72	Sufficiente

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

#### 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto ad acqua, alimentato da una caldaia a basamento.



### Sottosistema di emissione

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

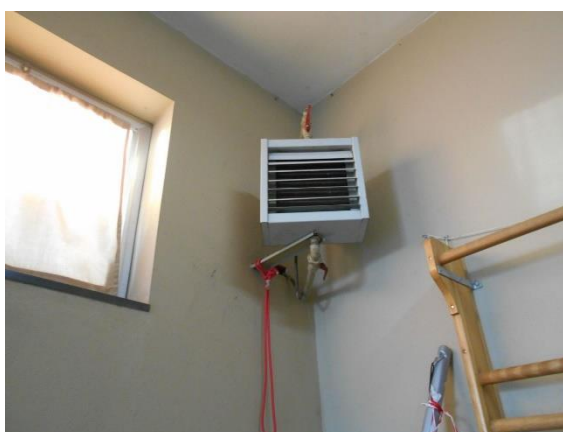
- Radiatori in ghisa e in acciaio;
- Aerotermi ad acqua;

I radiatori in ghisa e in acciaio sono installati in tutte le aule dell’edificio e nei corridoi tranne nella palestra. Infine, nella palestra sono installati aerotermi ad acqua e radiatori in ghisa e in acciaio.

Figura 4.8 - Particolare di un radiatore in ghisa



Figura 4.9 – Particolare degli aerotermi a parete 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
ZT-01 Aule scolastiche	Radiatori in ghisa e acciaio	93%
ZT-02 Palestra	Aerotermi ad acqua	96%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	Aerotermi	2	non disponibile <sup>(1)</sup>	non disponibile <sup>(1)</sup>	0	0
Seminterrato	Radiatori in ghisa e metallo	2	0,63 ÷ 0,87	1,5	0	0
Terra	Radiatori in ghisa e metallo	40	0,54 ÷ 3,31	54,396	0	0
Primo	Radiatori in ghisa e metallo	21	0,57 ÷ 1,61	23,716	0	0
<b>TOTALE</b>		-	<b>0,54 ÷ 3,31</b>	<b>79,612</b>	-	-

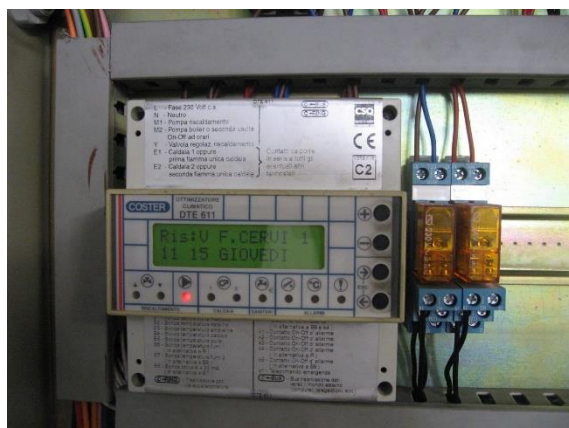
Nota (1): Non sono disponibili la potenza termica unitaria e complessiva degli aerotermi in quanto non è possibile determinare tali valori sulla base del materiale a disposizione e delle informazioni rilevate in sede di sopralluogo

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

### Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento delle caldaie in centrale termica avviene mediante telegestione con sonde climatiche esterne ed interne da parte del Comune. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C. La maggior parte dei radiatori sono dotati di valvole on-off.

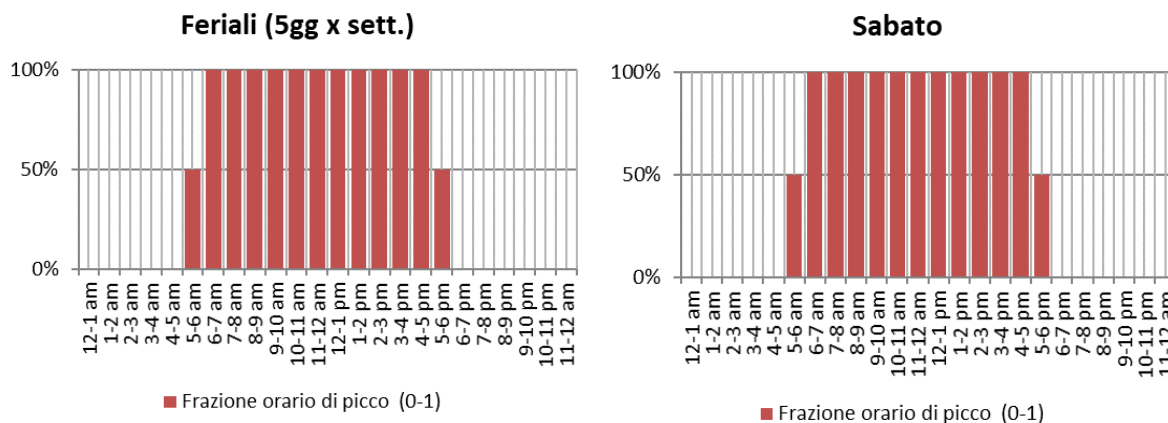
Figura 4.10 - Particolare della centralina di controllo dell'edificio





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

Figura 4.12 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le zone termiche



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
ZT-01 Aule scolastiche	Zona + Climatica	96%
ZT-02 Palestra	Zona + Climatica	96%

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

#### Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia a basamento e un circuito secondario e un collettore del caldo;

**Circuito primario:** sono presenti due pompe di circolazione gemellari per inviare l'acqua calda ai circuiti secondari, due di essi tramite un collettore di mandata.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(2)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(2)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(1)</sup> [kW]
Circuito primario	DAB	mandata acqua calda a radiatori	Non disponibile	Non disponibile	0,68
Circuito primario	DAB	mandata acqua calda ad aerotemi	Non disponibile	Non disponibile	0,26
Circuito primario	DAB	Anticondensa-ricircolo	Non disponibile	Non disponibile	0,16
<b>TOTALE</b>			-	-	<b>0,84</b>

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

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

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(2)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(1)</sup>
			°C	°C
Circuito Primario	Mandata	Caldo	60	70
	Ritorno	Caldo	Non disponibile <sup>(3)</sup>	55

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

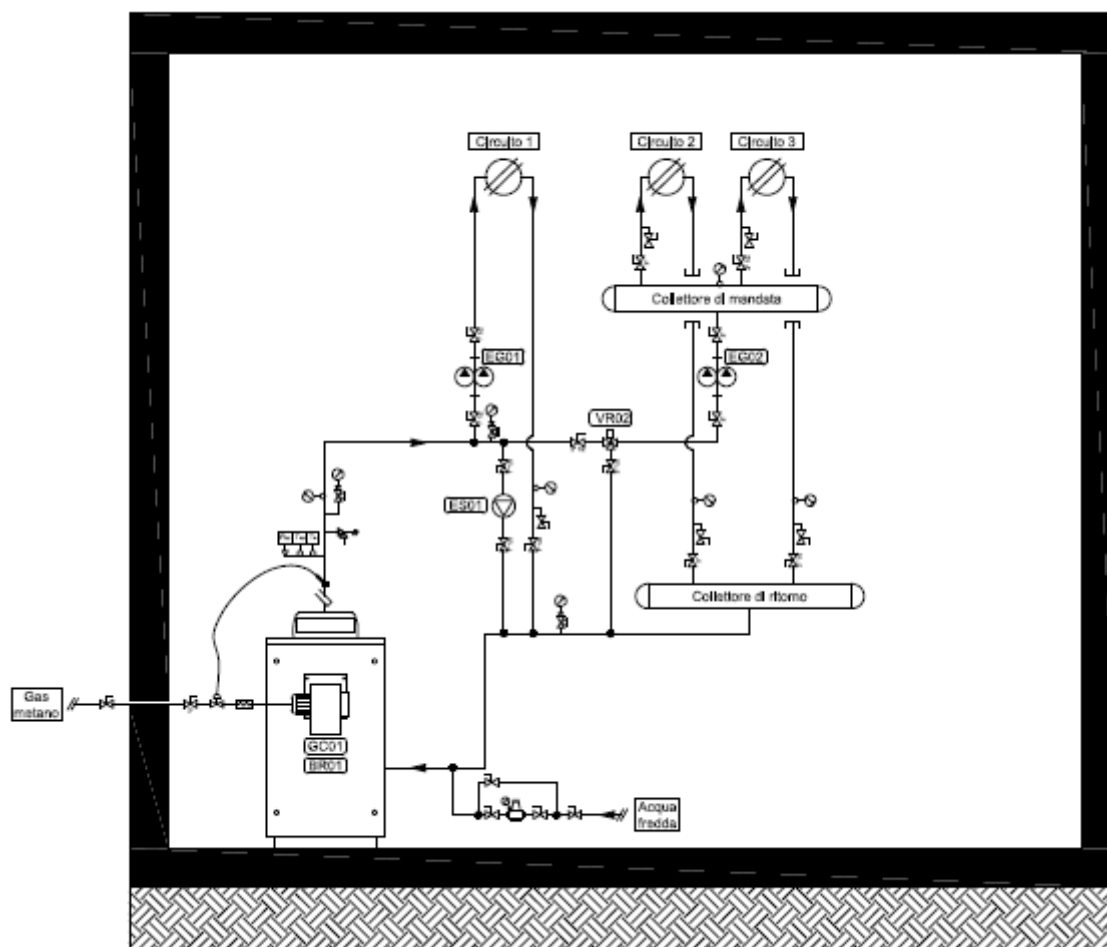
Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (2): Valori rilevati il giorno 16/03/2016 alle ore 12.00, in orario di apertura del museo, con una temperatura esterna di circa 9°C

Nota (3): Non è disponibile la temperatura di mandata e di ritorno dei circuiti in quanto non è stato possibile rilevarle in fase di rilievo

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

Figura 4.13 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 035-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



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

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

### Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di una caldaia standard a basamento, marca Riello modello 8500-S-180.

Figura 4.14 - Particolare delle caldaie



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(1)</sup> [kW]	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(1)</sup> [kW]	RENDIMENTO <sup>(2)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup> [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Riello	8500-S-180	Non disponibile	220	192	94%	0,1

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 94%.

Il rendimento indicato dalle prove fumi è del 92,9%.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 e 8 dell' Allegato J – Schede di audit.

### 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Figura 4.15 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita principalmente tramite 2 bollitori elettrici ad accumulo; entrambi sono installati nei locali di servizio del piano terra. Tutti i boiler hanno una potenza installata di 1,2 kW e 1,5 kW, con capacità di accumulo pari a 15 e 50 litri rispettivamente. Per la produzione di acqua calda sanitaria è presente anche un secondo impianto ad acqua, costituito da una caldaia murale di potenza utile pari a 28,8 kW, installata nella cucina per uso della mensa. Questa caldaia è regolata manualmente.



Figura 4.16 – Particolare della caldaia murale per la produzione di acqua calda sanitaria



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(1)</sup>	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(1)</sup>	RENDIMENTO <sup>(2)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	
				[kW]	[kW]		[kW]	
Gen 1	Acqua calda sanitaria	Rinnai	REU – 16 FUA-E	-	31	28	90%	0,04

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione è stato assunto nella DE pari al 90%.

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 <sup>(1)</sup>	Sottosistema di Distribuzione <sup>(1)</sup>	Sottosistema di Ricircolo <sup>(2)</sup>	Sottosistema di Accumulo <sup>(2)</sup>	Sottosistema di Generazione <sup>(1)</sup>	Rendimento Globale medio stagionale <sup>(1)</sup>
Bollitori elettrici	100%	92,6%	-	-	75%	70%
Caldaia	100%	92,6%	-	-	90%	83%

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

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

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

#### 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

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

#### 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

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

#### 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali elettrodomestici, PC, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale. Sono state valutate le ore di utilizzo in base ai giorni di occupazione dell’edificio e il numero di ore giornaliere in cui mediamente vengono usate queste utenze.

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

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Aule didattiche	PC+Monitor	11	150	1,65	3.871
Aule didattiche	FAX/stampanti	3	1000	3,0	3.871
Aule didattiche	Macchinette snack	2	1100	2,2	3.871
Aule didattiche	TV/STEREO	1	150	0,15	3.871
Cucina	Frigorifero	1	500	0,5	3.871
Cucina	Lavastoviglie	1	2000	2,0	3.871
Cucina	Schiaccia patate	1	500	0,5	3.871

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

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito principalmente da lampade fluorescenti. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a tubi fluorescenti installate a soffitto nella maggior parte dei locali;

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche



Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in palestra



Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in un corridoio



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	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Palestra	2x36W Tubi fluorescenti	14	72	1,008
Palestra	1x36W Tubi fluorescenti	2	36	0,072
Servizi igienici piano terra	1x36W Tubi fluorescenti	12	36	0,432
Aule didattiche piano terra	2x36W Tubi fluorescenti	79	72	5,688
Locali di servizio piano Terra	2x18W Tubi fluorescenti	5	36	0,18
Aule didattiche piano primo	2x36W Tubi fluorescenti	34	72	2,448
Locali di servizio piano primo	1x18W Tubi fluorescenti	6	18	0,108

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

#### 4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

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

## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Gasolio.
- Energia elettrica;

#### Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano a partire da Novembre 2014; durante il periodo estivo del 2014 è avvenuto un processo di metanizzazione che ha permesso all'edificio di passare dall'utilizzo del gasolio, avvenuto fino ad Aprile 2014, a quello di metano.

Nella Tabella 5.1 sono riportati i valori di Potere Calorifico Inferiore (PCI) forniti dalla norma UNI TS 11300-2:2014 ed utilizzati ai fini della conversione in kWh.

Tabella 5.1 – Valori di PCI utilizzati ai fini della conversione in kWh

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kg/Sm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica.
- Uso cottura a servizio della mensa scolastica.

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

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base dei m<sup>3</sup> di gas metano e di gasolio forniti dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

Tali consumi sono riportati nella

Tabella 5.2 con indicazione dei PDR di riferimento.

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

Combustibile: Gas metano

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270050352443	Riscaldamento	7.951	12.682	13.886	74.896	119.466	130.806
03270004071906	Produzione acs e uso cottura	999	1.010	894	9.410	9.514	8.424

Combustibile: Gasolio

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[litri]	[litri]	[litri]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270050352443	Riscaldamento	6.442	-	-	64.997	-	-

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione termici si è provveduto alla valutazione dei consumi mensili fatturati nel triennio di riferimento, ma il PDR 03270050352443 è gestito tramite contratto SI3, quindi non si hanno a disposizione le fatture; perciò sono stati ricostruiti i consumi mensili parametrizzando i consumi annuali forniti dalla società di distribuzione sulla base dei GG nei giorni di utilizzo per ogni mese nel periodo di riscaldamento.

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

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

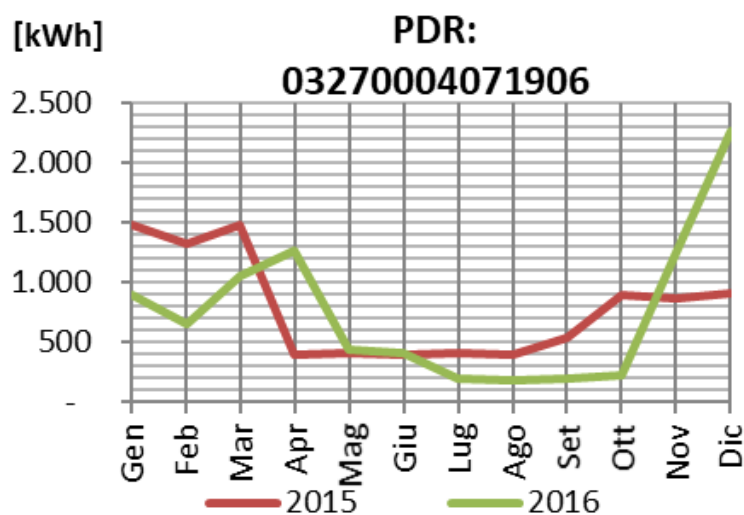
PDR: 03270050352443	Mese di riferimento	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[litri] fino ad Aprile [Sm <sup>3</sup> ] da Novembre	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio		2.179	2.654	3.360	23.527	25.002	31.652
Febbraio		1.974	3.047	2.555	20.170	28.699	24.072
Marzo		1.689	2.396	2.631	17.036	22.570	24.789
Aprile		599	1.095	685	4.263	10.312	6.453
Maggio		0	0	0	0	0	0
Giugno		0	0	0	0	0	0
Luglio		0	0	0	0	0	0
Agosto		0	0	0	0	0	0
Settembre		0	0	0	0	0	0
Ottobre		0	0	0	0	0	0
Novembre		3.237	1.570	1.892	30.489	14.787	17.823
Dicembre		4.714	1.921	2.762	44.407	18.095	26.018
<b>Totale</b>		-	<b>12.682</b>	<b>13.886</b>	<b>74.896</b>	<b>119.466</b>	<b>130.806</b>

PDR: 03270004071906	Mese di riferimento	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio		n.d.	157	95	n.d.	1.479	895
Febbraio		n.d.	141	69	n.d.	1.328	654
Marzo		n.d.	157	111	n.d.	1.479	1.044

Aprile	n.d.	41	134	n.d.	386	1.262
Maggio	n.d.	43	46	n.d.	405	433
Giugno	n.d.	41	43	n.d.	386	405
Luglio	n.d.	43	20	n.d.	405	188
Agosto	n.d.	42	19	n.d.	396	179
Settembre	n.d.	57	21	n.d.	537	198
Ottobre	n.d.	95	24	n.d.	895	226
Novembre	n.d.	92	133	n.d.	867	1.253
Dicembre	n.d.	96	241	n.d.	904	2.270
<b>Totale</b>	-	<b>1.005</b>	<b>956</b>	-	<b>9.467</b>	<b>9.009</b>

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio per il primo PDR è caratterizzato da un valore minimo pari a 7.951m<sup>3</sup> nel 2014, e un valore di massimo prelievo pari a 13.886 m<sup>3</sup> nel 2016. I consumi annui hanno subito un aumento dal 2015 al 2016 del 9% coerentemente con l’aumento dei gradi giorni invernali in questi due anni.

Inoltre per il secondo PDR è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 821 m<sup>3</sup> nel 2016, e un valore di massimo prelievo pari a 999 m<sup>3</sup> nel 2014. I consumi annui hanno subito un continuo calo nel triennio su base annua prima 2% dal 2014 al 2015, poi dell’16% dal 2015 al 2016.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all’andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell’anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3 , definendo il fattore di normalizzazione  $\bar{a}_{rif}$  come di seguito riportato:

$$\bar{a}_{rif} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{real,i}}{\sum_{i=1}^n GG_{real,i}}$$

Dove:

$GG_{real,i}$  = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali, nell’anno *i-esimo*, così come definiti al Capitolo 3.2;

n = numero di annualità di cui si hanno a disposizione i consumi.

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

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

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

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

$\bar{Q}_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l’ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo è stato valutato sulla base della richiesta stimata di acs giornaliera e dei giorni di utilizzo dell’edificio; per cui è stato calcolato nel modello teorico di calcolo un contributo pari al 52% rispetto al consumo complessivo del contatore dedicato alla produzione di acs e uso cottura per la mensa scolastica.

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

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali,  $Q_{real,i}$ , i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione solo relativi al biennio 2015-2016 in quanto il 2014 è inutilizzabile per il processo di metanizzazione avvenuto durante l’anno.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REAL</sup> SU 134 GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU 134 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 1421 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	1.179	1.159	12.682	119.466	101,3	117.440	4.923	-
2016	1.230	1.159	13.886	130.806	106,3	123.256	4.684	-
<b>Media</b>	<b>1.205</b>	<b>1.159</b>	<b>13.284</b>	<b>125.136</b>	<b>103,8</b>	<b>120.348</b>	<b>4.804</b>	<b>-</b>

L’aumento dei consumi per il riscaldamento può essere dovuto non solo alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento, ma anche al maggior utilizzo dell’edificio.

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

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kWh]
$\bar{Q}_{ACS}$	-
$\bar{Q}_{ALTRO}$	4.804
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	120.348
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>125.151</b>



## Energia elettrica

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

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097190	Scuola elementare “Giosuè Borsi”	24.461	24.325	26.157	24.981
<b>TOTALE</b>		<b>24.461</b>	<b>24.325</b>	<b>26.157</b>	<b>24.981</b>

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le seguenti differenze: per il 2014 il consumo fornito dalla PA è di 4.855 kWh in più del dato elaborato tramite l'analisi della fatturazione. Nel 2015 sono stati elaborati tramite l'analisi della fatturazione 3.432 kWh in meno del dato fornito dalla PA. Per il 2016, la PA ha indicato un consumo di 3.377 kWh superiore del dato elaborato.

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

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 24.257 kWh.

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

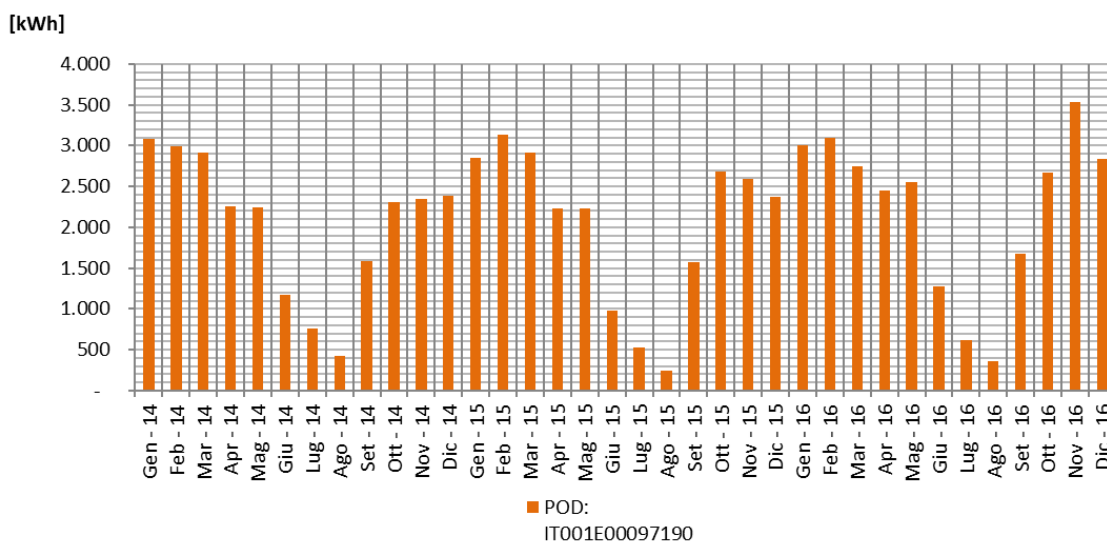
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097190	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.080	375	625	3.080
Febbraio	2.181	348	466	2.995
Marzo	2.000	364	544	2.908
Aprile	1.487	278	495	2.260
Maggio	1.355	316	573	2.244
Giugno	555	193	428	1.176
Luglio	196	180	377	753
Agosto	80	101	247	428
Settembre	902	259	424	1.585
Ottobre	1.588	299	415	2.302
Novembre	1.573	292	475	2.340
Dicembre	1.595	306	489	2.390
<b>Totale</b>	<b>15.592</b>	<b>3.311</b>	<b>5.558</b>	<b>24.461</b>
POD: IT001E00097190	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

POD: IT001E00097190	F1	F2	F3	TOTALE
Gennaio	2.013	341	498	2.852
Febbraio	2.243	401	483	3.127
Marzo	2.116	358	435	2.909
Aprile	1.559	252	423	2.234
Maggio	1.393	291	550	2.234
Giugno	493	149	342	984
Luglio	153	121	252	526
Agosto	58	56	128	242
Settembre	1.069	194	311	1.574
Ottobre	1.977	300	400	2.677
Novembre	1.913	290	387	2.590
Dicembre	1.482	328	566	2.376
<b>Totale</b>	<b>16.469</b>	<b>3.081</b>	<b>4.775</b>	<b>24.325</b>
POD: IT001E00097190	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.016	381	610	3.007
Febbraio	2.256	356	477	3.089
Marzo	1.889	347	506	2.742
Aprile	1.576	342	533	2.451
Maggio	1.902	276	378	2.556
Giugno	678	200	398	1.276
Luglio	241	128	245	614
Agosto	77	88	200	365
Settembre	1.155	217	304	1.676
Ottobre	1.897	325	452	2.674
Novembre	2.384	455	692	3.531
Dicembre	1.674	414	750	2.838
<b>Totale</b>	<b>17.745</b>	<b>3.529</b>	<b>5.545</b>	<b>26.819</b>

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

Figura 5.2 – Profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento



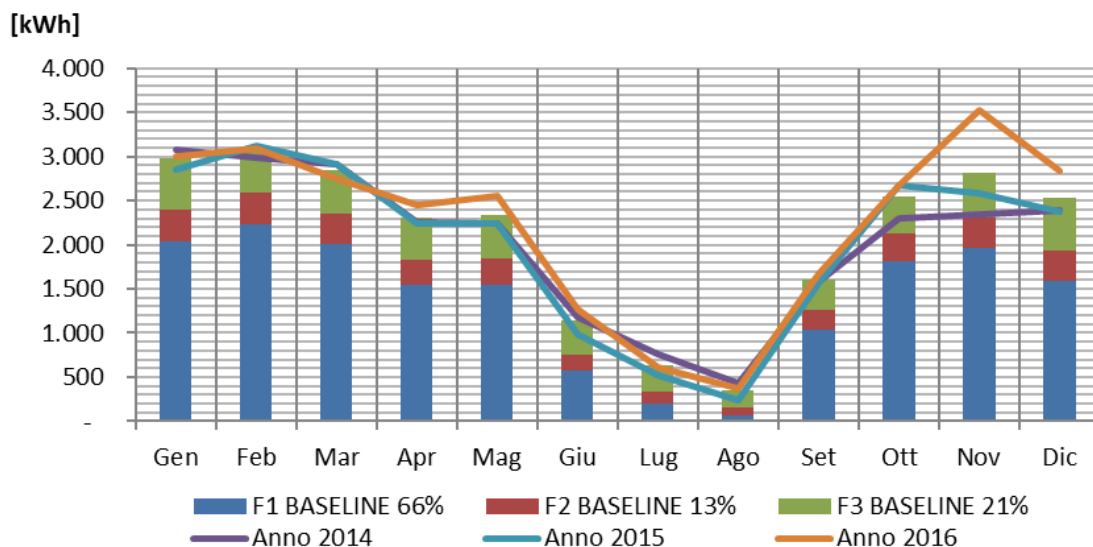
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.036	366	578	2.980
Febbraio	2.227	368	475	3.070
Marzo	2.002	356	495	2.853
Aprile	1.541	291	484	2.315
Maggio	1.550	294	500	2.345
Giugno	575	181	389	1.145
Luglio	197	143	291	631
Agosto	72	82	192	345
Settembre	1.042	223	346	1.612
Ottobre	1.821	308	422	2.551
Novembre	1.957	346	518	2.820
Dicembre	1.584	349	602	2.535
<b>Totale</b>	<b>16.602</b>	<b>3.307</b>	<b>5.293</b>	<b>25.202</b>

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

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



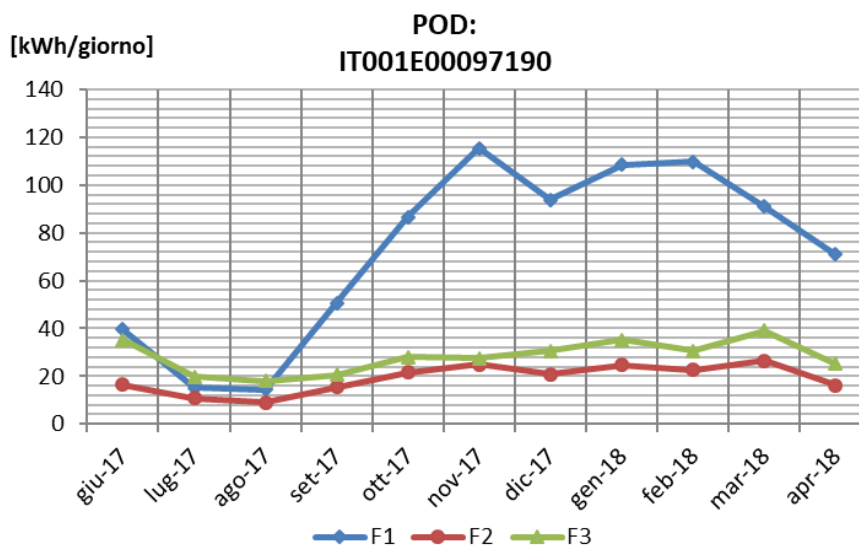
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Maggio compresi rispetto ai mesi estivi, con il picco di utilizzo tra Gennaio e Febbraio. Nel mese di Agosto è stato rilevato un consumo visto l'utilizzo dell'edificio per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

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

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

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

Figura 5.4 – Profilo giornaliero medio dei consumi elettrici per il POD IT001E00097190



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento molto variabile dei consumi soprattutto per la fascia F1 con una diminuzione netta dei consumi giornalieri verso l'estate e un picco di utilizzo nel mese di Novembre; mentre i consumi in fascia F2 e in fascia F3 hanno un leggero aumento dai mesi estivi a quelli invernali.

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

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO<sub>2</sub> utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

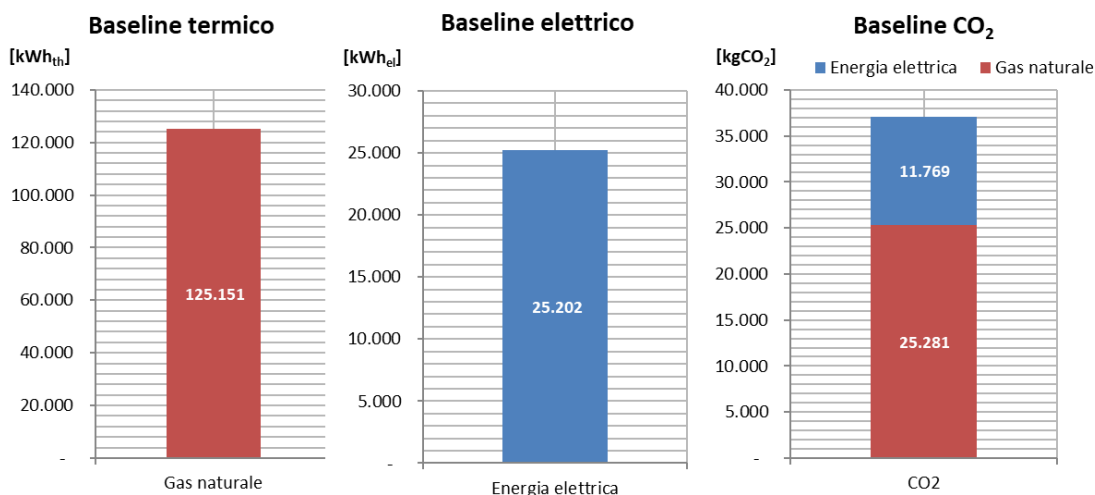
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE tCO <sub>2</sub> /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.5.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	25.202	* 0,467	11,77
Gas naturale	125.151	* 0,202	25,28

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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 <sub>P,nren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Gas naturale	1,05	0	1,05

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.580,20	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.623,38	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	6.272,18	m <sup>3</sup>

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

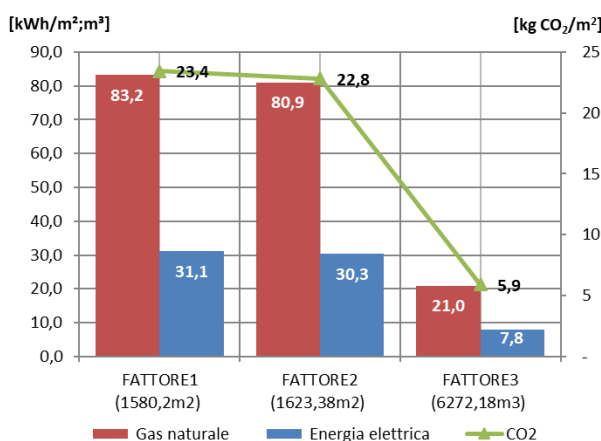
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Energia elettrica	25.202	2,42	60.988	38,60	37,57	9,72	7,45	7,25	1,88
Gas naturale	125.151	1,05	131.409	83,16	80,95	20,95	16,00	15,57	4,03
<b>TOTALE</b>	<b>150.353</b>	<b>3,47</b>	<b>192.397</b>	<b>121,75</b>	<b>118,52</b>	<b>30,67</b>	<b>23,45</b>	<b>22,82</b>	<b>5,91</b>

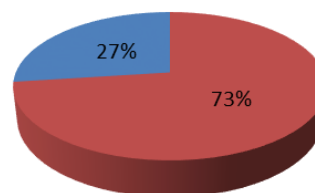
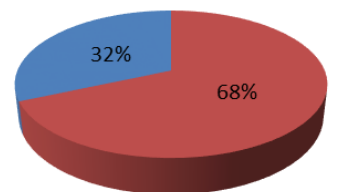


Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Energia elettrica	25.202	1,95	49.143	31,10	30,27	7,84	7,45	7,25	1,88
Gas naturale	125.151	1,05	131.409	83,16	80,95	20,95	16,00	15,57	4,03
<b>TOTALE</b>	<b>150.353</b>	<b>3,00</b>	<b>180.552</b>	<b>114,26</b>	<b>111,22</b>	<b>28,79</b>	<b>23,45</b>	<b>22,82</b>	<b>5,91</b>

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO<sub>2</sub>

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<sub>e</sub>);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F<sub>h</sub>);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V<sub>risc</sub>).

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<sub>p</sub>;

- 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 <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>2</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	-	11,63	12,21	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	15,07	14,98	16,52

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

**Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento**

Wh<sub>t</sub> / m<sup>3</sup> x GG x anno

	Buono	Sufficiente	Insufficiente
<b>Materne</b>	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
<b>Elementari</b>	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
<b>Medie, Secondarie Sup.</b>	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

**Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica**

kWh<sub>e</sub> / m<sup>2</sup> x anno

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

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

Dal confronto con le linee guida ENEA - FIRE si deduce che la classe di merito dei consumi specifici per il riscaldamento è buona nel 2014, mentre peggiora i due anni successivi mantenendosi a livello sufficiente. Per quanto riguarda il consumo specifico per l’energia elettrica è insufficiente per tutto il triennio 2014-2016.

Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono aumentati con un trend che certifica l’aumento progressivo del parametro IEN<sub>R</sub>, i consumi elettrici sono globalmente aumentati ad eccezione per l’anno 2015, in cui si è registrato un sensibile calo.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

### 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl,nren</sub>	kWh/mq anno	201,2	192,7
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	159,6	158,4
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,1	5,8
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0,0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	35,6	28,5
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	38,4	38,4

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	237.327	249.194
Energia Elettrica	28.699	55.963

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

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

Dove:

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

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

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

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

### Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le informazioni avute a disposizione sull’utilizzo dell’edificio e sui sistemi di produzione dell’energia termica ed elettrica presenti al suo interno e i dati rilevati durante il sopralluogo.

Nella Tabella 6.6 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	115,2	108,8
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	83,9	83,0
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	4,3	4,1
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	0,0	0,0

Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	26,9	21,7
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,0	0,0
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	23,4	23,4

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	13.099	124.278
Energia Elettrica	-	25.923

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico (Q<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

Q <sub>teorico</sub> [kWh/anno]	Q <sub>baseline</sub> [kWh/anno]	Congruità [%]
124.278	125.151	0,7%

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

### Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (EE<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico (EE<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

EE <sub>teorico</sub> [kWh/anno]	EE <sub>baseline</sub> [kWh/anno]	Congruità [%]
25.923	25.202	-2,9%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

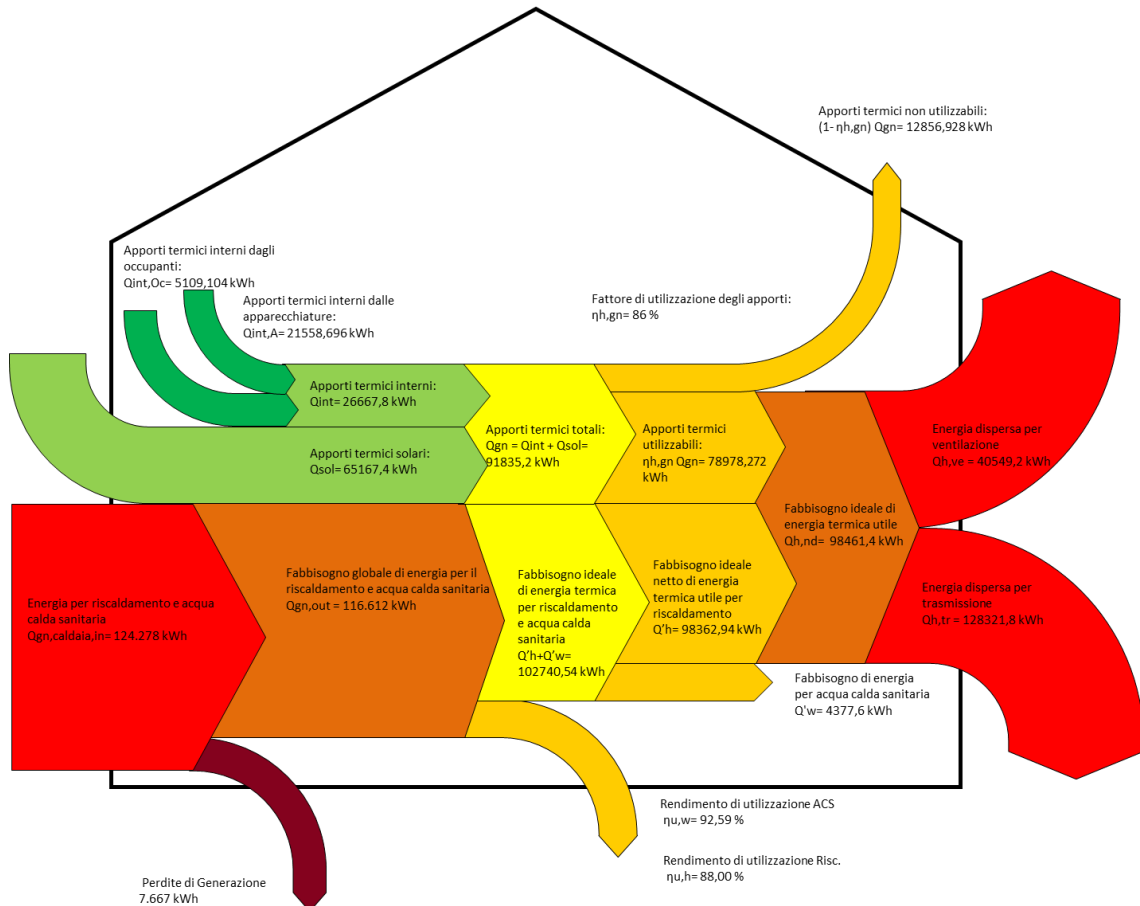
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

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

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

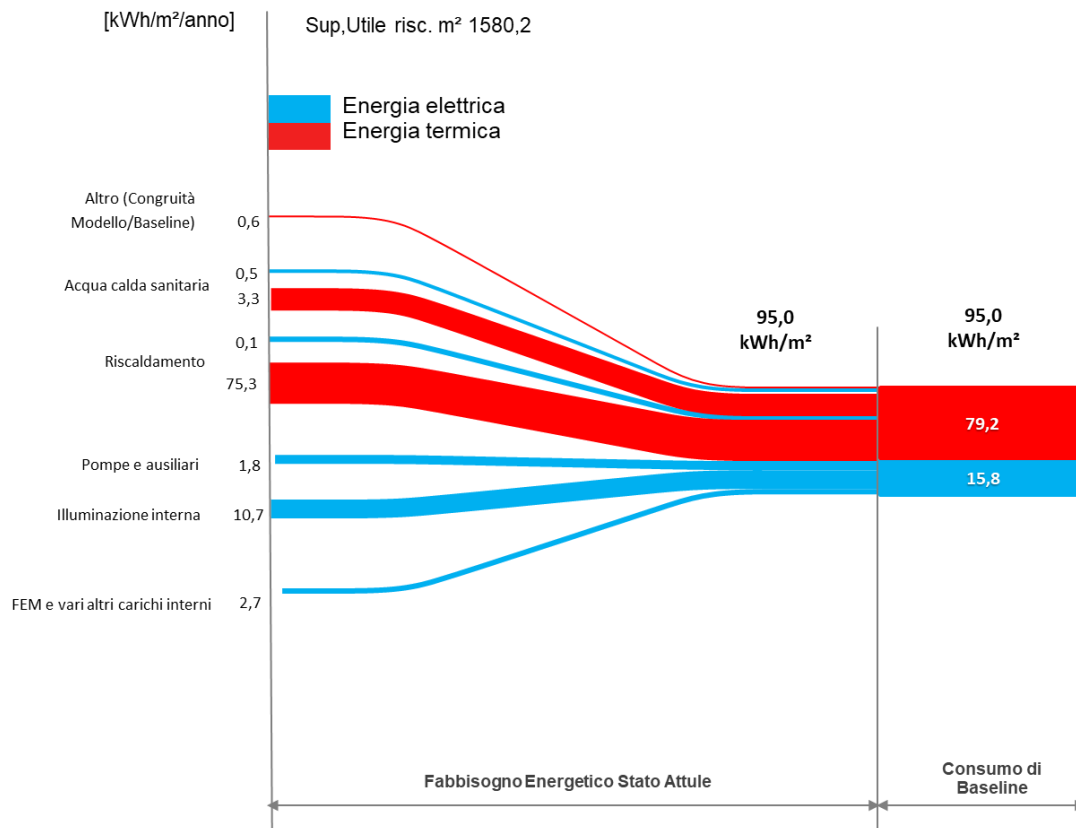


L’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio riguarda solo il riscaldamento ed è possibile notare che l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 86% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 88%.



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



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

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

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

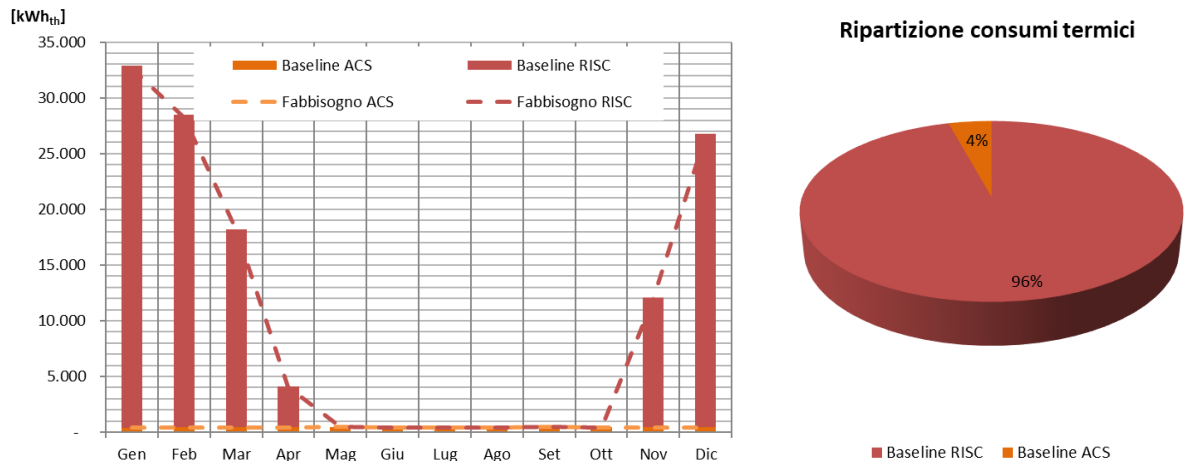
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare che la quasi totalità dei consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali.

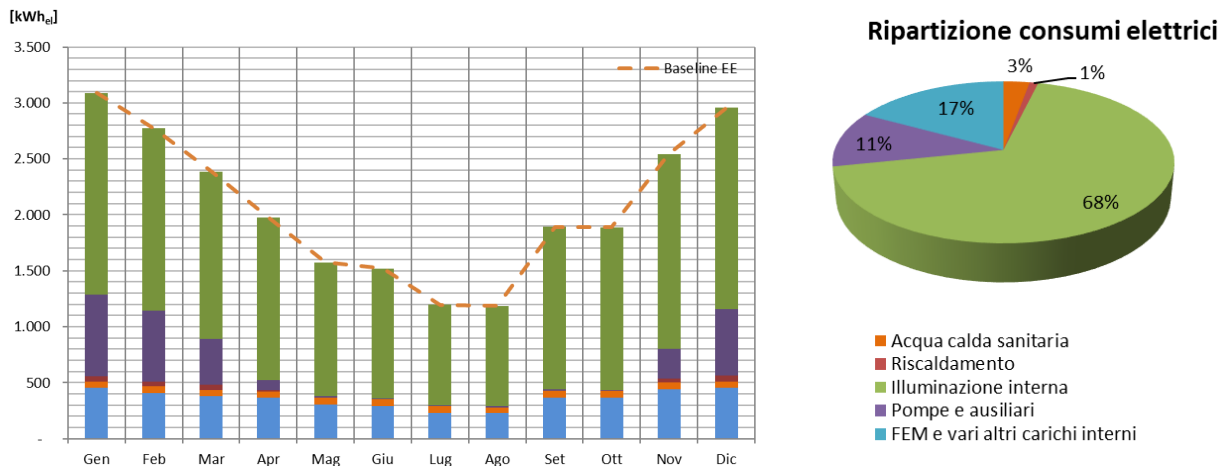
Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell'edificio.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione elettrica ed i profili mensili di Baseline.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo per l'illuminazione dei locali e alle utenze elettriche installate all'interno dell'edificio.

Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l'impianto di illuminazione o a ridurre i consumi elettrici installando un impianto fotovoltaico.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270050352443: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 3270004071906: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 3270004071906	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura - via Fratelli Cervi 1, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Non disponibile	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura : fino a Marzo 2015: (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016: (3)	Non disponibile	(1): Iren Mercato spa (2): Eni spa	(2): Eni spa (3): Energetic spa
Inizio periodo fornitura	Non disponibile	(1): 23/11/1978 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/04/2016
Fine periodo fornitura	Non disponibile	(1): 31/03/2015	(2): 31/03/2016
Classe del contatore	Non disponibile	(1): T – Contatore Tradizionale (2): G0004	(2): G004 (3): G 6
Tipologia di contratto	Non disponibile	(1): Punto di riconsegna per servizio pubblico (2): utenze con attività di servizio pubblico	(2): utenze con attività di servizio pubblico (3): punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	Non disponibile	1,023328	1,017488
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	Non disponibile	(1): 38,19 MJ/Sm <sup>3</sup> (2): 38,19 MJ/Sm <sup>3</sup>	(2): 38,19 MJ/Sm <sup>3</sup> (3): 39,04 MJ/Sm <sup>3</sup>
Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(*)</sup> (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1): 0,46 €/Sm <sup>3</sup> (2): 0,33 €/Sm <sup>3</sup>	(2) <sup>(3)</sup> : 0,25 €/Sm <sup>3</sup> (3): 0,25 €/Sm <sup>3</sup>

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

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

Nota (3): Il costo di fornitura relativo al contratto è riportato senza iva in quanto soggetto sia ad aliquota agevolata sia ad aliquota ordinaria.

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

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

PDR: 3270004071906	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	66	4	23	24	12	129	1.479	0,087
Feb - 15	59	4	25	27	12	126	1.328	0,095
Mar - 15	66	4	24	26	12	132	1.479	0,089
Apr - 15	11	4	5	8	3	32	386	0,082
Mag - 15	12	4	5	8	7	36	405	0,089
Giu - 15	11	4	5	8	6	35	386	0,090
Lug - 15	12	4	5	8	6	35	405	0,088
Ago - 15	11	4	5	8	6	35	396	0,088
Set - 15	15	4	7	11	8	46	537	0,085
Ott - 15	25	4	13	19	13	73	895	0,082
Nov - 15	24	4	12	18	13	71	867	0,082
Dic - 15	25	4	13	19	13	74	904	0,082
<b>Totale</b>	<b>339</b>	<b>46</b>	<b>141</b>	<b>185</b>	<b>112</b>	<b>823</b>	<b>9.467</b>	<b>0,087</b>
PDR: 3270004071906	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	23	4	4	6	4	41	895	0,045
Feb - 16	17	4	3	5	3	31	654	0,047
Mar - 16	27	5	4	7	10	53	1.044	0,051
Apr - 16	26	3	17	26	16	88	1.262	0,070
Mag - 16	9	3	6	9	6	32	433	0,074
Giu - 16	8	3	5	8	5	30	405	0,075
Lug - 16	4	3	3	4	3	16	188	0,085
Ago - 16	4	3	2	4	3	15	179	0,086
Set - 16	4	3	3	4	3	17	198	0,084
Ott - 16	5	3	3	5	3	19	226	0,084
Nov - 16	30	3	16	26	16	91	1.253	0,073
Dic - 16	54	3	30	47	29	163	2.270	0,072
<b>Totale</b>	<b>213</b>	<b>35</b>	<b>96</b>	<b>152</b>	<b>101</b>	<b>596</b>	<b>9.009</b>	<b>0,066</b>

Per il 2014 è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

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

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

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

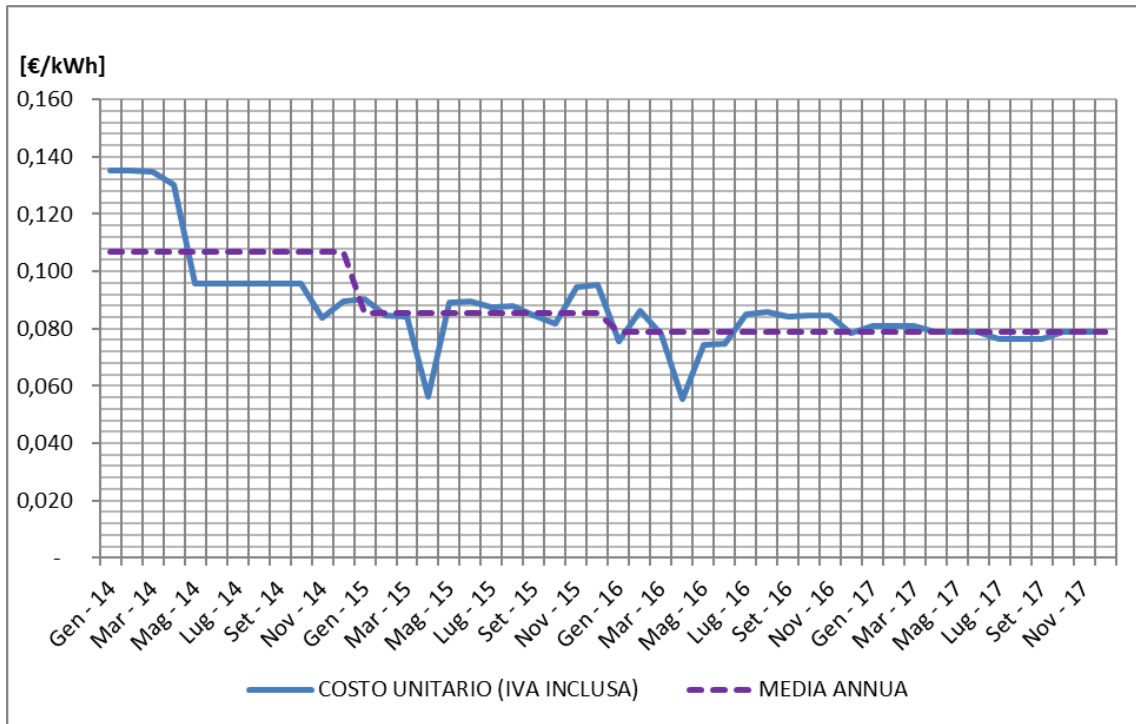
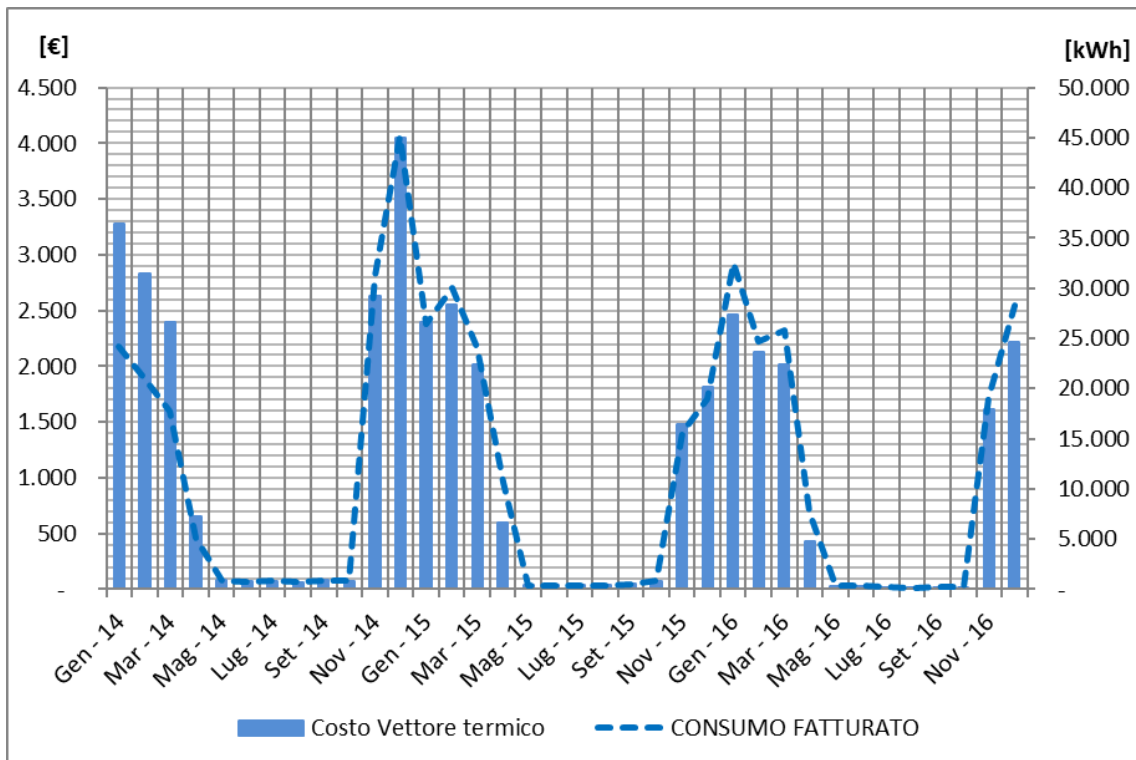


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori praticamente nulli durante il periodo di non funzionamento del riscaldamento; Il costo unitario risulta più alto nei primi mesi del 2014 rispetto agli anni successivi per l’utilizzo del gasolio invece del gas naturale.

## Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00097190: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097190	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Via Lamberto Loria 1, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3)	Edison Energia spa	(1): Edison Energia spa (2): Gala spa	(2): Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	(1): 01/01/2014 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/01/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	(1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	22 kW	20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	22 kW	22 kW	22 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP EE12 – Lotto 2	(2): CONSIP EE12 – Lotto 2 (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA INCLUSA) <sup>(2)</sup>	0,078	(1): 0,078 (2): 0,039	(2): 0,031 (3): 0,046

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

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

Nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097190	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERVIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	238	40	300	39	62	678	3.080	0,220
Feb – 14	235	39	293	37	60	664	2.995	0,222
Mar – 14	226	39	286	36	59	646	2.908	0,222
Apr – 14	174	39	243	28	48	532	2.260	0,236
Mag – 14	170	39	225	28	46	508	2.244	0,226
Giu – 14	86	20	158	15	28	307	1.176	0,261
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	236	753	0,313
Ago – 14	29	7	101	5	14	156	428	0,365
Set – 14	118	25	193	20	36	392	1.585	0,247
Ott – 14	176	34	252	29	49	539	2.302	0,234
Nov – 14	176	32	254	29	49	541	2.340	0,231



## E670 – Scuola primaria “Giosuè Borsi”

POD: IT001E00097190	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Dic – 14	176	35	258	30	50	549	2.390	0,230
<b>Totale</b>	<b>1.802</b>	<b>348</b>	<b>2.565</b>	<b>296</b>	<b>501</b>	<b>5.748</b>	<b>24.461</b>	<b>0,235</b>
POD: IT001E00097190	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	204	38	286	36	56	619	2.852	0,217
Feb – 15	214	41	307	39	60	662	3.127	0,212
Mar – 15	192	38	290	36	56	613	2.909	0,211
Apr – 15	103	28	227	28	39	424	2.234	0,190
Mag – 15	100	28	227	28	38	421	2.234	0,188
Giu – 15	44	12	125	12	19	213	984	0,217
Lug – 15	23	6	41	7	8	84	526	0,160
Ago – 15	11	3	22	3	4	42	242	0,172
Set – 15	58	17	177	20	27	298	1.574	0,190
Ott – 15	94	24	288	33	44	482	2.677	0,180
Nov – 15	91	23	280	32	43	469	2.590	0,181
Dic – 15	160	21	260	30	47	517	2.376	0,218
<b>Totale</b>	<b>1.292</b>	<b>278</b>	<b>2.529</b>	<b>304</b>	<b>440</b>	<b>4.844</b>	<b>24.325</b>	<b>0,199</b>
POD: IT001E00097190	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	174	34	297	38	54	597	3.007	0,199
Feb – 16	137	35	304	39	52	567	3.089	0,183
Mar – 16	112	31	278	34	46	501	2.742	0,183
Apr – 16	88	40	256	31	42	457	2.451	0,187
Mag – 16	102	42	265	32	44	485	2.556	0,190
Giu – 16	54	21	165	16	26	282	614	0,459
Lug – 16	30	13	113	8	16	180	614	0,293
Ago – 16	15	8	93	5	12	133	365	0,363
Set – 16	85	36	197	21	34	373	1.676	0,222
Ott – 16	171	43	276	33	52	576	2.674	0,215
Nov – 16	255	56	342	44	70	767	3.531	0,217
Dic – 16	192	45	287	35	56	615	2.838	0,217
<b>Totale</b>	<b>1.414</b>	<b>405</b>	<b>2.875</b>	<b>335</b>	<b>503</b>	<b>5.532</b>	<b>26.157</b>	<b>0,212</b>

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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

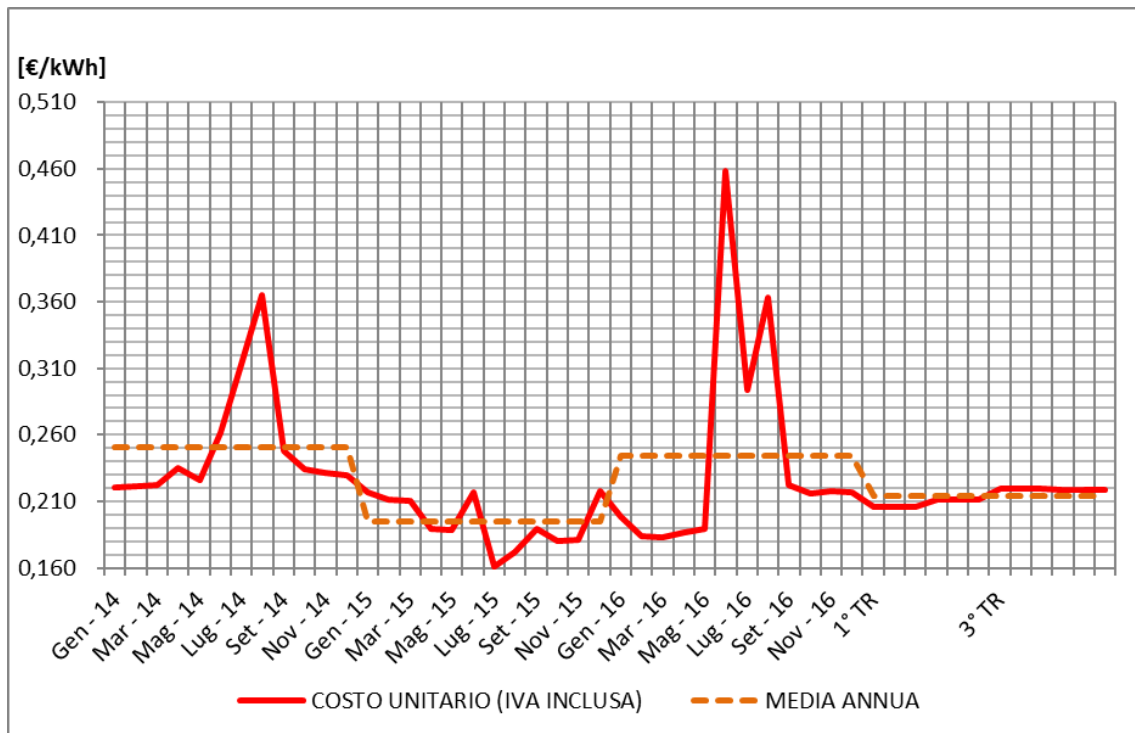
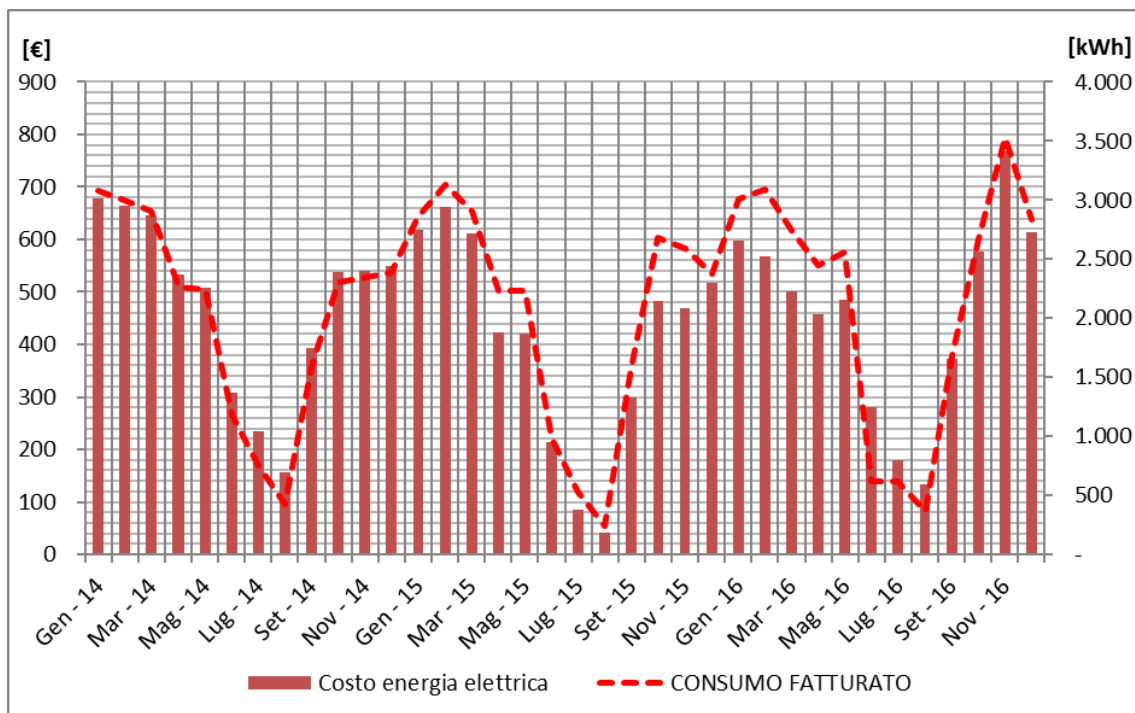


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente l’andamento dei costi sinusoidale con valori più bassi durante il periodo estivo; anche il costo unitario presenta un andamento sinusoidale con picchi nei mesi estivi del 2014 e del 2016 per la forte incidenza dei costi fissi rispetto al consumo.

## 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 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	24.461	5.719,42	0,23	-
2015	128.660	13.743,58	0,107	22.152	6.350,19	0,29	20.093,77
2016	138.540	11.017,17	0,080	26.819	5.532,44	0,21	16.533,24
<b>Media</b>	<b>133.600</b>	<b>12.380,37</b>	<b>0,066</b>	<b>25.202</b>	<b>5.375,09</b>	<b>0,21</b>	<b>16.432,97<sup>(1)</sup></b>

Nota (1) Nella spesa totale media del triennio è esclusa la spesa relativa al vettore termico del 2014 per il processo di metanizzazione avvenuto durante l'anno.

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 unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UQ</sub>	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UEE</sub>	0,213 [€/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:

- L1-042-035: 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<sub>M</sub> sono stimati come segue:

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

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C<sub>MO</sub>) e in una quota straordinaria (C<sub>MS</sub>) 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 7.7.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub> 13.134,49	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 3.491,45	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

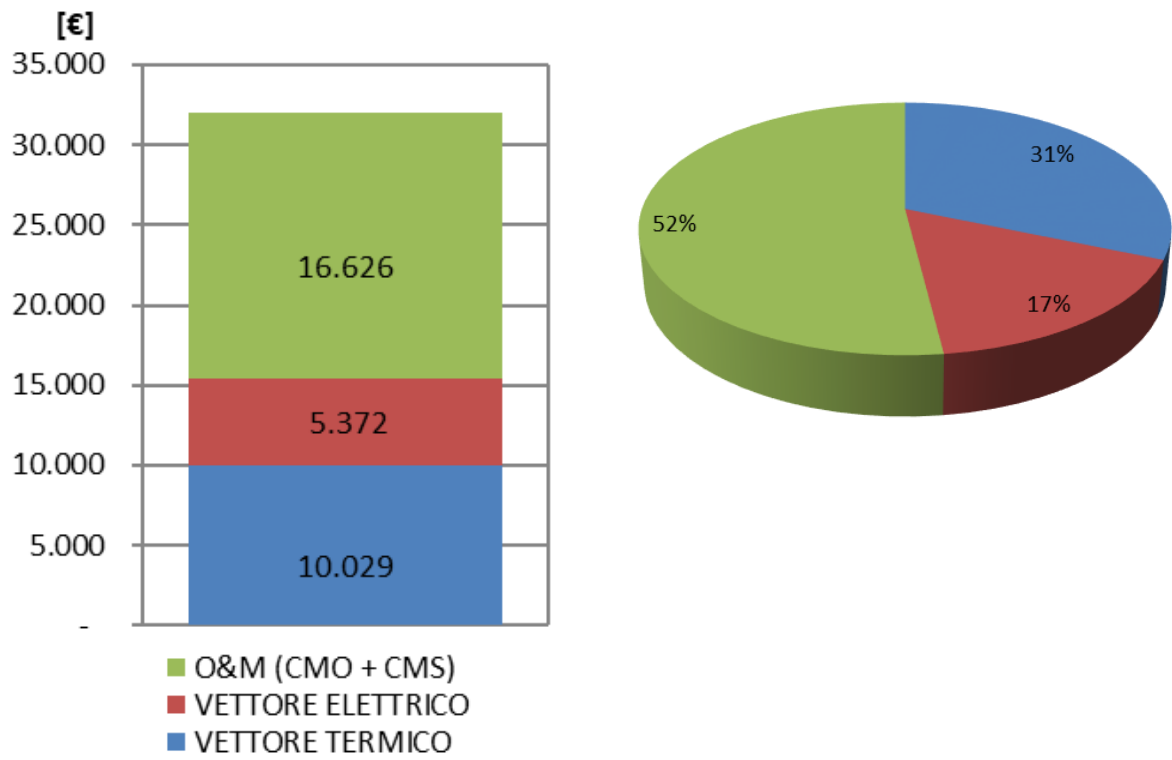
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C<sub>E</sub> pari a 15.400,93 € e un C<sub>baseline</sub> pari a 32.026,87 €

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )			TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	C <sub>uQ</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	C <sub>uEE</sub>	C <sub>EE</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>Q</sub> +C <sub>EE</sub> +C <sub>M</sub>
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
125.151	0,080	10.029	25.202	0,213	5.372	16.626	13.134	3.491	32.027

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

### 8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### **EEM1: Isolamento delle pareti esterne**

###### **Generalità**

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

L'applicazione di un "cappotto" alle pareti esterne, porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.1 - Particolare di una parete esterna



###### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali è pari a 0,26 W/m<sup>2</sup>K. Attualmente la muratura in pannelli di calcestruzzo e mattoni forati, di spessore variabile compreso tra 40 cm e 15 cm, ha un valore di trasmittanza medio stimato a ca. 1,5 W/m<sup>2</sup>K. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia (EPS, λ=0,037 W/mK).. Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di 0,25 W/m<sup>2</sup>K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

###### **Descrizione dei lavori**

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

###### **Prestazioni raggiungibili**

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

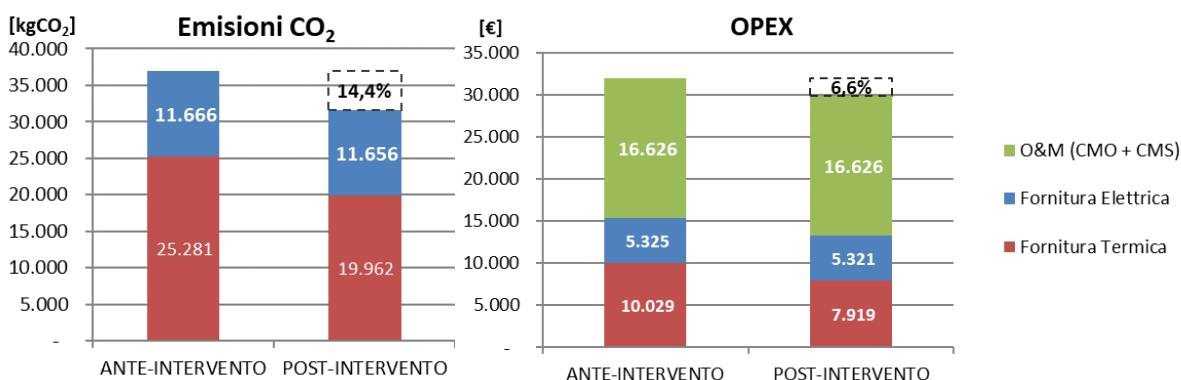
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza parete	W/m <sup>2</sup> K	1,5	0,25	<b>83,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	kWh	124.278	98.132	<b>21,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	kWh	25.923	25.900	<b>0,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	kWh	125.151	98.821	<b>21,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	kWh	25.202	25.179	<b>0,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	25.281	19.962	<b>21,0%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	11.769	11.759	0,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>37.050</b>	<b>31.721</b>	<b>14,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	€	10.029	7.919	21,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	€	5.372	5.368	0,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>€</b>	<b>15.401</b>	<b>13.286</b>	<b>13,7%</b>
C <sub>MO</sub>	€	13.134	13.134	0,0%
C <sub>MS</sub>	€	3.491	3.491	0,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>€</b>	<b>16.626</b>	<b>16.626</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>32.027</b>	<b>29.912</b>	<b>6,6%</b>
Classe energetica	-	E	E	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

Figura 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## EEM2: Isolamento della copertura

### Generalità

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

L'isolamento della copertura porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.3 - Particolare della copertura



### Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti



prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali (coperture) è pari a 0,22 W/m<sup>2</sup>K. Attualmente la copertura è calpestabile ed è costituita principalmente da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile. La copertura piana ha uno spessore di 30 cm con un valore di trasmittanza stimato a ca. 1,42 W/m<sup>2</sup>K. L'intervento per l'isolamento della copertura piana prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia ( $\lambda=0,037$  W/mK). Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di 0,22 W/m<sup>2</sup>K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

### Descrizione dei lavori

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

### Prestazioni raggiungibili

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

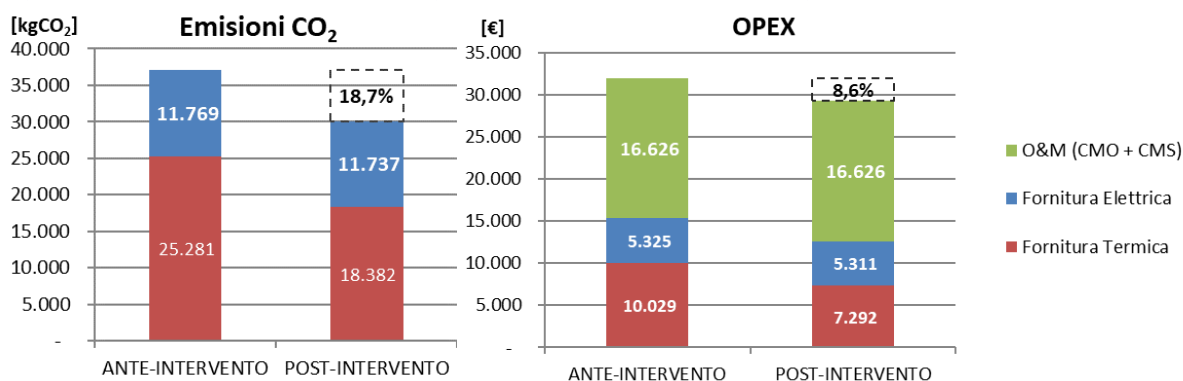
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/m <sup>2</sup> K	1,42	0,22	<b>84,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	kWh	124.278	90.366	<b>27,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	kWh	25.923	25.853	<b>0,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	kWh	125.151	91.000	<b>27,3%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	kWh	25.202	25.133	<b>0,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	25.281	18.382	<b>27,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	11.769	11.737	<b>0,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>37.050</b>	<b>30.119</b>	<b>18,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	€	10.029	7.292	<b>27,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	€	5.372	5.358	<b>0,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>€</b>	<b>15.401</b>	<b>12.650</b>	<b>17,9%</b>
C <sub>MO</sub>	€	13.134	13.134	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	€	3.491	3.491	<b>0,0%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>€</b>	<b>16.626</b>	<b>16.626</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>32.027</b>	<b>29.276</b>	<b>8,6%</b>
Classe energetica	-	E	E	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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



### **EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche**

#### **Generalità**

La misura prevede la sostituzione degli infissi. limitazioni a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione degli infissi porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni. Si prevede anche l'installazione delle valvole termostatiche per ottenere gli incentivi previsti dal conto termico.

Figura 8.5 - Particolare di un infisso



#### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti è pari a 1,67 W/m<sup>2</sup>K. Attualmente gli infissi hanno sia un telaio in metallo senza taglio termico e vetro singolo sia un telaio in metallo con taglio termico e vetro doppio 4-12-4. Sono presenti anche porte finestre in metallo e vetro singolo.

Si esclude di isolare gli infissi di locali non scaldati. Gli infissi hanno una trasmittanza media stimata pari a ca. 4,5 W/m<sup>2</sup>K. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,5 W/m<sup>2</sup>K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

#### **Descrizione dei lavori**

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

#### **Prestazioni raggiungibili**

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

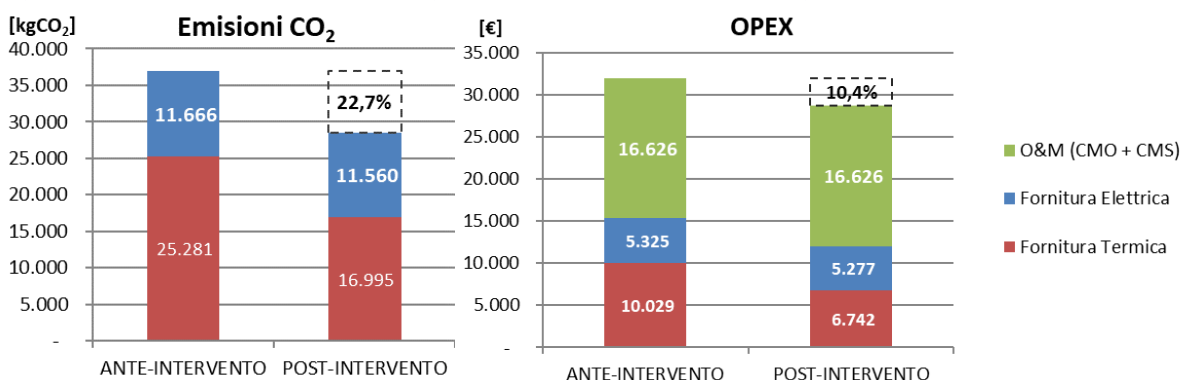
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	W/m <sup>2</sup> K	4,5	1,5	<b>66,7%</b>
Q <sub>teorico</sub>	kWh	124.278	83.549	<b>32,8%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
$EE_{teorico}$	kWh	25.923	25.688	<b>0,9%</b>
$Q_{baseline}$	kWh	125.151	84.136	<b>32,8%</b>
$EE_{Baseline}$	kWh	25.202	24.973	<b>0,9%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	25.281	16.995	<b>32,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	11.769	11.662	<b>0,9%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>37.050</b>	<b>28.658</b>	<b>22,7%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	€	10.029	6.742	<b>32,8%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	€	5.372	5.324	<b>0,9%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>€</b>	<b>15.401</b>	<b>12.066</b>	<b>21,7%</b>
$C_{MO}$	€	13.134	13.134	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	€	3.491	3.491	<b>0,0%</b>
<b>O&amp;M (<math>C_{MO} + C_{MS}</math>)</b>	<b>€</b>	<b>16.626</b>	<b>16.626</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>32.027</b>	<b>28.691</b>	<b>10,4%</b>
Classe energetica	-	E	E	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.2 Impianto di riscaldamento

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

##### **Generalità**

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

La sostituzione delle caldaie e l'installazione di valvole termostatiche porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.7 - Particolare dei generatori di calore



Figura 8.8 - Particolare di un radiatore



##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

Attualmente l'impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da una caldaia standard a basamento usata con rendimento pari al 94% mentre l'impianto di regolazione è costituito da una centralina di controllo con dispositivo per la telegestione collegato ad una sonda climatica; il rendimento di regolazione è calcolato pari al 96%. I terminali di emissione nelle aule scolastiche e nei corridoi sono costituiti da radiatori senza valvole termostatiche.

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

La nuova tipologia di impianto termico ha un rendimento termico utile pari al 102%, maggiore del limite previsto dalla legislazione vigente.

##### **Descrizione dei lavori**

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

### Prestazioni raggiungibili

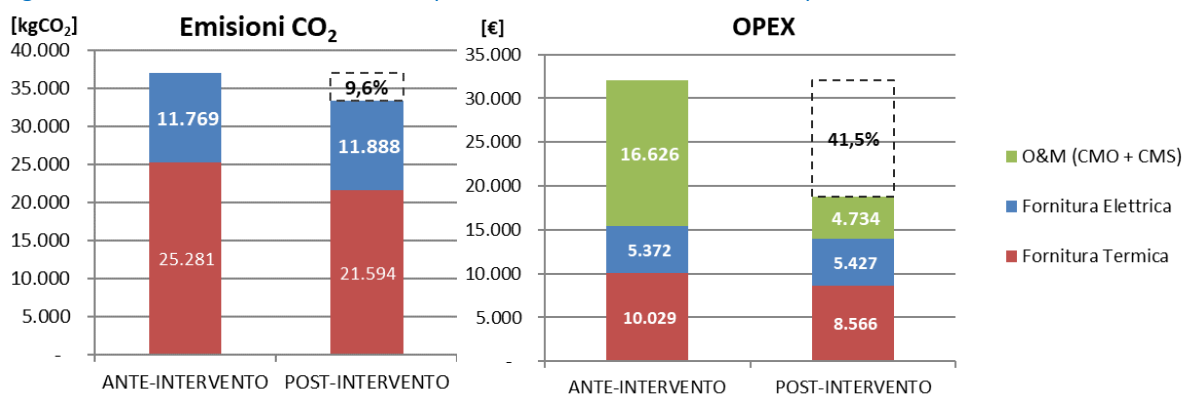
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

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

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
Rendimento generazione di calore	%	94	102	<b>8,5%</b>
$Q_{teorico}$	kWh	124.278	106.154	<b>14,6%</b>
$EE_{teorico}$	kWh	25.923	26.184	<b>-1,0%</b>
$Q_{baseline}$	kWh	125.151	106.900	<b>14,6%</b>
$EE_{Baseline}$	kWh	25.202	25.456	<b>-1,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	25.281	21.594	<b>14,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	11.769	11.888	<b>-1,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>37.050</b>	<b>33.481</b>	<b>9,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	€	10.029	8.566	<b>14,6%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	€	5.372	5.427	<b>-1,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>€</b>	<b>15.401</b>	<b>13.993</b>	<b>9,1%</b>
$C_{MO}$	€	13.134	3.740	<b>71,5%</b>
$C_{MS}$	€	3.491	994	<b>71,5%</b>
<b>O&amp;M (<math>C_{MO} + C_{MS}</math>)</b>	<b>€</b>	<b>16.626</b>	<b>4.734</b>	<b>71,5%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>32.027</b>	<b>18.726</b>	<b>41,5%</b>
Classe energetica	-	E	E	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### **EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led**

##### **Generalità**

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

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

Figura 8.10 - Particolare di una plafoniera a tubi fluorescenti



##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

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

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

##### **Descrizione dei lavori**

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

##### **Prestazioni raggiungibili**

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

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

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

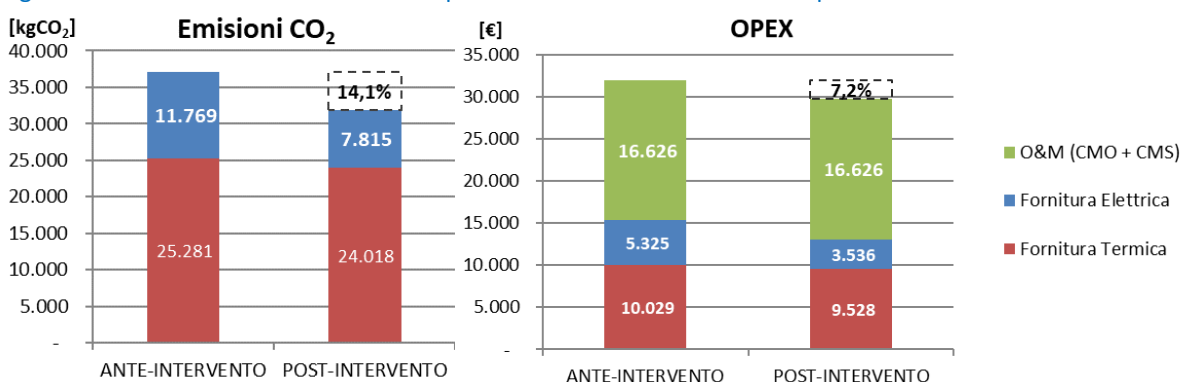
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza totale nuove plafoniere con lampade led	W	9.936	5.060	<b>49,1%</b>
$Q_{teorico}$	kWh	124.278	118.071	<b>5,0%</b>
$EE_{teorico}$	kWh	25.923	17.215	<b>33,6%</b>
$Q_{baseline}$	kWh	125.151	118.900	<b>5,0%</b>
$EE_{Baseline}$	kWh	25.202	16.736	<b>33,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	25.281	24.018	<b>5,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	11.769	7.815	<b>33,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>37.050</b>	<b>31.833</b>	<b>14,1%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	€	10.029	9.528	<b>5,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	€	5.372	3.568	<b>33,6%</b>



CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	€	<b>15.401</b>	<b>13.095</b>	<b>15,0%</b>
C <sub>MO</sub>	€	13.134	13.134	0,0%
C <sub>MS</sub>	€	3.491	3.491	0,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	€	<b>16.626</b>	<b>16.626</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	€	<b>32.027</b>	<b>29.721</b>	<b>7,2%</b>
Classe energetica	-	E	E	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.11 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

#### EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

##### Generalità

La misura prevede l'installazione dell'impianto sulla copertura piana dell'edificio scolastico, la quale offre una superficie di circa 710 m<sup>2</sup>. Si prevede di sfruttare la tecnologia al silicio cristallino, con pannelli solari di inclinazione pari a 35°, orientamento a Sud ed una potenza di picco installata di 10 kWp. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

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

Figura 8.12 - Particolare della copertura dove installare l'impianto



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 66% corrispondenti a 16.456 kWh/anno, con il sistema proposto verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 12.669



kWh/anno, di vengono autoconsumati sul posto circa 8.899 kWh/anno, in grado di coprire circa il 54% del consumo in F1. Si considera che l'energia elettrica autoconsumata non superi mai la richiesta da parte dell'utenza in fascia F1 per lo stesso mese esaminato.

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

### **Descrizione dei lavori**

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

### **Prestazioni raggiungibili**

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

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

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

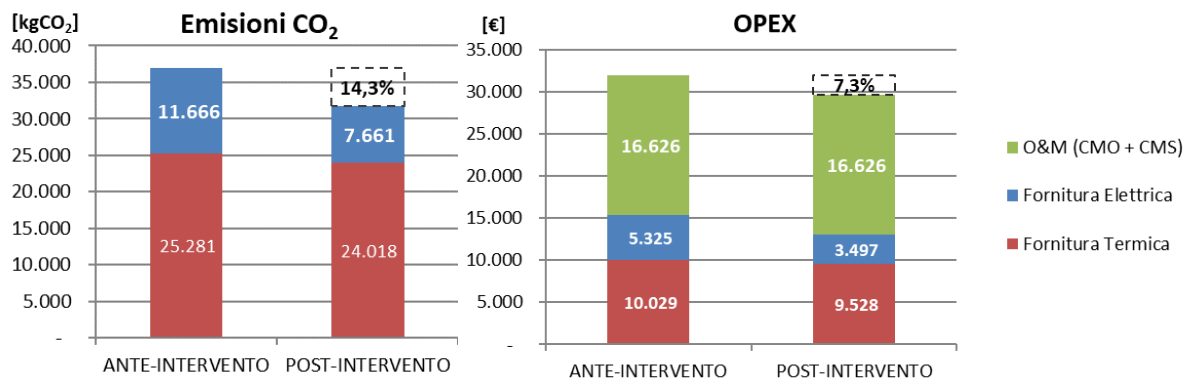
Mese	Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh)	Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh)	Energia autoconsumata (kWh)	Copertura (%)
Gennaio	2.036	584	584	29%
Febbraio	2.227	812	812	36%
Marzo	2.002	1.130	1.130	56%
Aprile	1.541	1.200	1.200	78%
Maggio	1.550	1.370	1.370	88%
Giugno	430	1.400	430	100%
Luglio	197	1.510	197	100%
Agosto	72	1.400	72	100%
Settembre	1.042	1.200	1.042	100%
Ottobre	1.821	891	891	49%
Novembre	1.957	626	626	32%
Dicembre	1.584	546	546	34%
<b>TOTALE</b>	<b>16.456</b>	<b>12.669</b>	<b>8.899</b>	<b>54%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
Potenza di picco dell'impianto fotovoltaico	W	0	10.000	<b>100,0%</b>
$Q_{teorico}$	kWh	124.278	118.071	<b>5,0%</b>
$EE_{teorico}$	kWh	25.923	17.023	<b>34,3%</b>
$Q_{baseline}$	kWh	125.151	118.900	<b>5,0%</b>
$EE_{Baseline}$	kWh	25.202	16.549	<b>34,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	25.281	24.018	<b>5,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	11.769	7.729	<b>34,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>37.050</b>	<b>31.746</b>	<b>14,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	€	10.029	9.528	<b>5,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	€	5.372	3.528	<b>34,3%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>€</b>	<b>15.401</b>	<b>13.056</b>	<b>15,2%</b>
$C_{MO}$	€	13.134	13.134	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	€	3.491	3.491	<b>0,0%</b>
<b>O&amp;M (<math>C_{MO} + C_{MS}</math>)</b>	<b>€</b>	<b>16.626</b>	<b>16.626</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>32.027</b>	<b>29.681</b>	<b>7,3%</b>
Classe energetica	-	E	E	+0 classi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
-------------------	------	-----------------	-----------------	----------------------

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO2/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO2/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.13 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

### 9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

#### **EEM1: Isolamento delle pareti esterne**

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

Nella L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

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

L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	8.467,62	m <sup>2</sup> cm	2,00	1,82	15.395,67	3.387,05	18.782,72
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	705,64	m <sup>2</sup>	6,68	6,07	4.285,13	942,73	5.227,86
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	705,64	kg	0,82	0,75	526,02	115,72	641,74
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	352,82	kg	0,49	0,45	157,16	34,58	191,74
Ponteggio e cantiere	95.B10.S10.010	705,64	m <sup>2</sup>	14,28	12,98	9.160,43	2.015,29	11.175,72
Preparazione muratura esterna	25.A05.E10.015	705,64	m <sup>2</sup>	7,26	6,60	4.657,19	1.024,58	5.681,77
Posa in opera intonaco per esterni	25.A54.A30.010	705,64	m <sup>2</sup>	4,81	4,37	3.085,55	678,82	3.764,37
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	705,64	m <sup>2</sup>	23,79	21,63	15.260,96	3.357,41	18.618,37
Costi per la sicurezza		3	%			1.113,97	245,07	1.359,05
Costi per la progettazione		7	%			2.599,27	571,84	3.171,11
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>56.241,35</b>	<b>12.373,10</b>	<b>68.614,45</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>27.445,78</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>5.489,16</b>
<b>FONTE PREZZO UTILIZZATO</b>	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 100 €/m <sup>2</sup> .							

#### **EEM2: Isolamento della copertura**

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti

prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

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

L'analisi dei costi tiene conto dell'applicazione di uno strato di isolante di 14 cm al fine garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	13.328,74	m <sup>2</sup> cm	2,00	1,82	24.234,08	5.331,50	29.565,57
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A50.010	952,05	m <sup>2</sup>	6,68	6,07	5.781,56	1.271,94	7.053,50
Preparazione muratura	25.A05.C10.010	952,05	m <sup>2</sup>	6,88	6,25	5.954,66	1.310,02	7.264,68
Posa in opera materiale impermeabilizzante	03.P10.B01.005 <sup>(1)</sup>	952,05	m <sup>2</sup>	15,35	13,95	13.285,47	2.922,80	16.208,27
Membrana elastoplastomerica	PR.A18.A25.030	952,05	m <sup>2</sup>	5,67	5,15	4.907,40	1.079,63	5.987,03
Costi per la sicurezza		3	%			1.624,89	357,48	1.982,37
Costi per la progettazione		7	%			3.791,42	834,11	4.625,53
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>59.579,48</b>	<b>13.107,48</b>	<b>72.686,96</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>29.074,78</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>5.814,96</b>
<b>FONTE PREZZO UTILIZZATO</b>	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 200 €/m <sup>2</sup> .							

### EEM3: Sostituzione infissi e installazione delle valvole termostatiche

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

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

La nuova tipologia di infissi con telaio in pvc a sei camere cave con vetro doppio 4-16-4 basso emissivo permette di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio vecchi serramenti	25.A05.H01.100	352,16	m <sup>2</sup>	39,61	36,01	12.681,07	2.789,84	15.470,90
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	352,16	m <sup>2</sup>	328,90	299,00	105.296,74	23.165,28	128.462,02
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	75,06	m	7,59	6,90	517,94	113,95	631,89
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	52,82	m <sup>3</sup>	11,77	10,70	565,22	124,35	689,57

Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	63,00	cad	35,42	32,20	2.028,60	446,29	2.474,89
Costi per la sicurezza		3	%			3.632,69	799,19	4.431,88
Costi per la progettazione		7	%			8.476,27	1.864,78	10.341,05
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>133.198,53</b>	<b>29.303,68</b>	<b>162.502,20</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>63.389,34</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>12.677,87</b>
<b>FONTE PREZZO UTILIZZATO</b>	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 450 €/m <sup>2</sup> si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie finestrata da sostituire per 450.							

#### **EEM4: Sostituzione del generatore di calore e installazione delle valvole termostatiche**

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

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

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione caldaia esistente	CCIAA RE <sup>(1)</sup>	1	cad	1.426,90	1.297,18	1.297,18	285,38	1.582,56
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	1	cad	8.918,25	8.107,50	8.107,50	1.783,65	9.891,15
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	1	cad	165,72	150,65	150,65	33,14	183,80
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	1	cad	392,78	357,07	357,07	78,56	435,63
Accessori per l'impianto	PR.C76.A30.020	15	cad	21,13	19,21	288,14	63,39	351,53
	PR.C76.A30.015	1	cad	28,46	25,87	25,87	5,69	31,56
	40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	24,12	133,76
Termoregolazione	40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	5,94	32,95
	PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	29,35	162,75
	PR.C74.E05.030	1	cad	76,47	69,52	69,52	15,29	84,81
Manodopera	RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	103,23	572,46
Impianti elettrici	RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	255,04	1.414,31
Trasporto materiali	20.A15.B10.015	100	m <sup>3</sup> km	4,72	4,29	429,09	94,40	523,49
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	63	cad	35,42	32,20	2.028,60	446,29	2.474,89
Costi per la sicurezza		3	%			439,57	96,70	536,27
Costi per la progettazione		7	%			1.025,65	225,64	1.251,30
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>16.117,39</b>	<b>3.545,83</b>	<b>19.663,22</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>7.800,00</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>1.560,00</b>
<b>FONTE PREZZO UTILIZZATO</b>	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Camera di Commercio di Reggio Emilia.							

Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 130 €/kWt si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la potenza complessiva del nuovo impianto termico per 130.

### **EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led**

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

Nella tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

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

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e installazione lampade LED – 20 W	045129b <sup>(2)</sup>	19	cad	98,61	89,65	1.703,26	374,72	2.077,98
Fornitura e installazione lampade LED – 36 W	045161b <sup>(2)</sup>	127	cad	156,66	142,42	18.087,11	3.979,16	22.066,27
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.17.010.0010 <sup>(1)</sup>	146	cad	5,73	5,21	760,53	167,32	927,84
Costi per la sicurezza		3	%			616,53	135,64	752,16
Costi per la progettazione		7	%			1.438,56	316,48	1.755,05
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>22.605,99</b>	<b>4.973,32</b>	<b>27.579,31</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>11.031,72</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>2.206,34</b>
<b>FONTE PREZZO UTILIZZATO</b>	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario Dei. Imp. Ele. 2017. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie utile calpestabile dell'edificio soggetta all'intervento non supera i 35 €/m <sup>2</sup> .							

### **EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico**

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

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6.

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura impianto fotovoltaico "Chiavi in mano"	1E.17.010.0010 <sup>(1)</sup>	10	kWp	2.713,48	2.466,80	24.668,00	5.426,96	30.094,96
Costi per la sicurezza		3	%			740,04	162,81	902,85
Costi per la		7	%			1.726,76	379,89	2.106,65

progettazione				
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>		<b>27.134,80</b>	<b>5.969,66</b>	<b>33.104,46</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>			-
<b>Durata incentivi</b>				-
<b>Incentivo annuo</b>				-
<b>FONTE PREZZO UTILIZZATO</b>	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzo delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO			

## 9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- $FC_n$  è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- $f$  è il tasso di inflazione;
- $f'$  è la deriva dell'inflazione;



- $R$  è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$  è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$  è il fattore di annualità ( $FA_n$ ).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

### EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	68.614
Oneri Finanziari % $I_0$	$OF$	[%]	3,0%
Aliquota IVA	$\%IVA$	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	$B$	€/anno	5.489
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	$TRS$	28,1	16,5
Tempo di rientro attualizzato	$TRA$	46,4	30,2
Valore attuale netto	$VAN$	- 24.961	- 525

Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	0,2%	3,9%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,36	-0,01

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

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

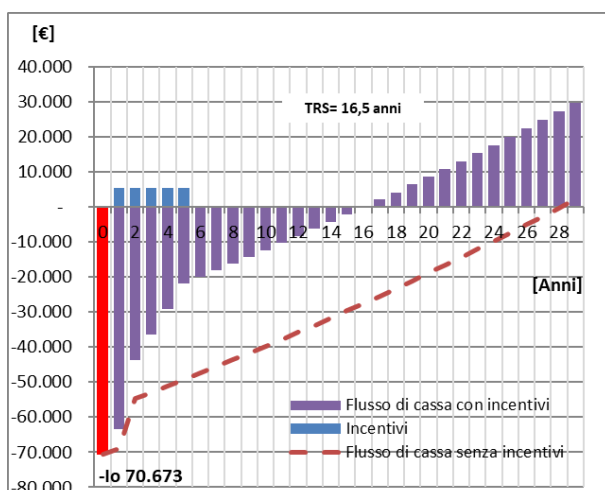
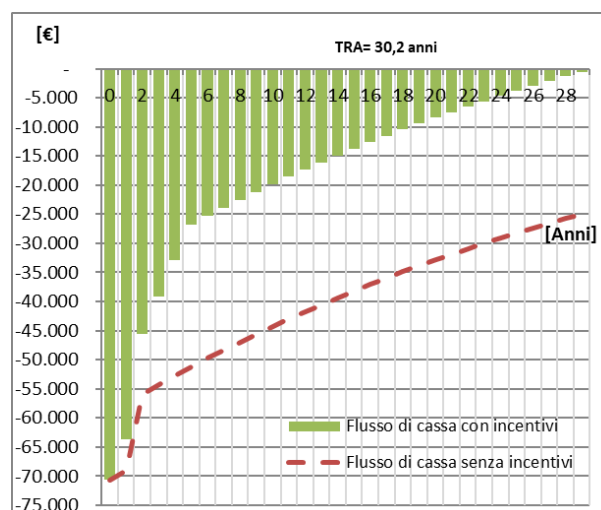


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell'intervento a fronte della spesa per sostenere l'intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull'involucro consigliamo di valutare preventivamente l'isolamento delle pareti esterne, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

### **EEM2: Isolamento della copertura**

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	72.687
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	5.815
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	23,6	13,7
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	39,6	22,7
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 18.163	7.726

Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	1,5%	5,3%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,25	0,11

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

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

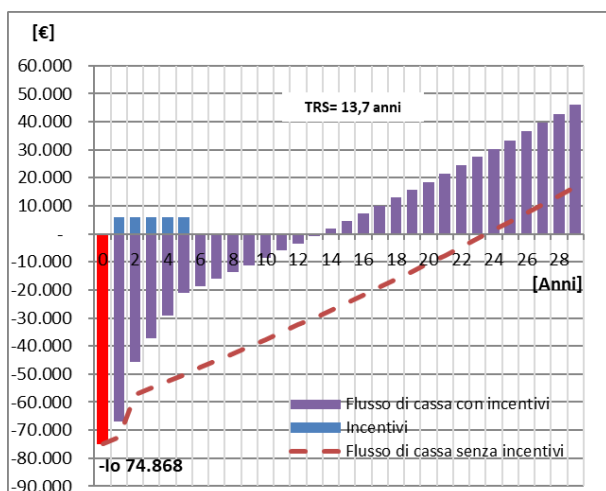
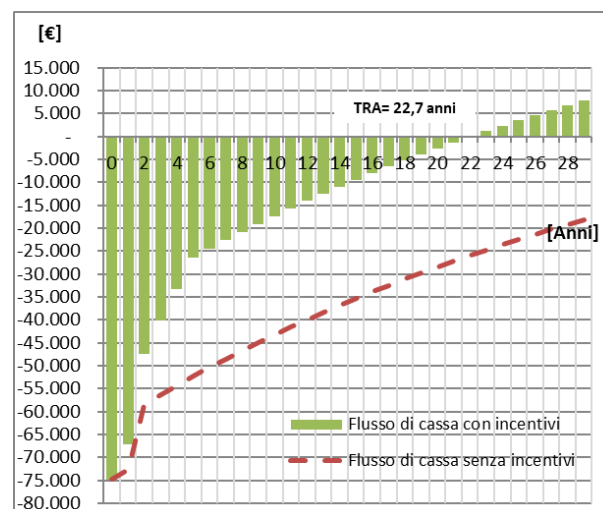


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 23 anni nel caso di incentivi.

### **EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche**

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	162.502
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	12.678
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	40,3	23,7
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	61,9	36,5
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 86.227	- 29.787
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-2,2%	1,3%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,53	-0,18

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

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

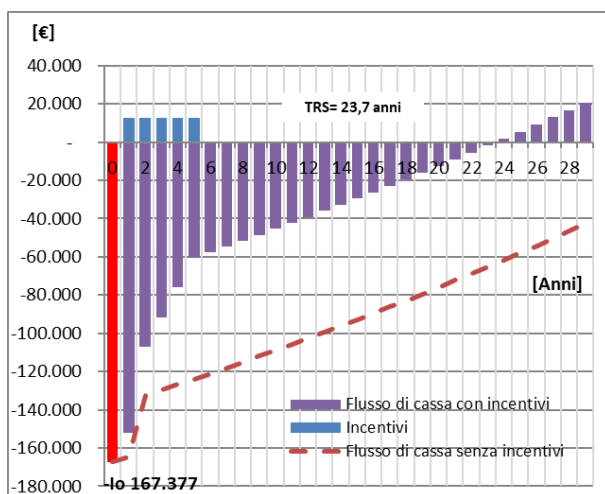
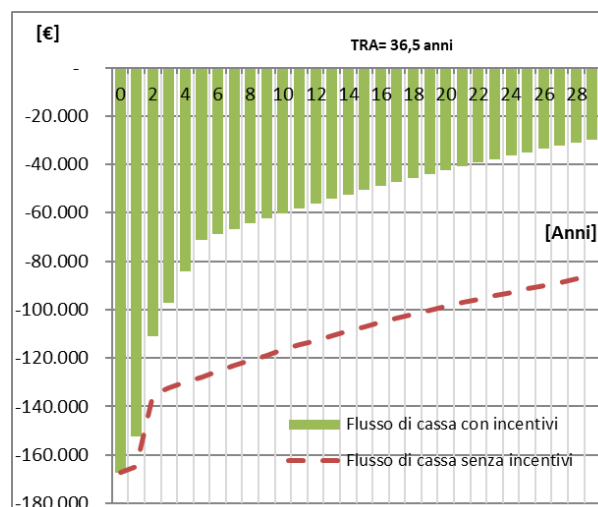


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell'intervento a fronte della spesa per sostenere l'intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull'involucro consigliamo di valutare preventivamente la sostituzione degli infissi, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

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

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

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

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	19.663
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	1.560
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	1,6	1,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,7	1,5
Valore attuale netto	VAN	102.854	109.799
Tasso interno di rendimento	TIR	58,7%	65,8%
Indice di profitto	IP	5,23	5,58

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

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

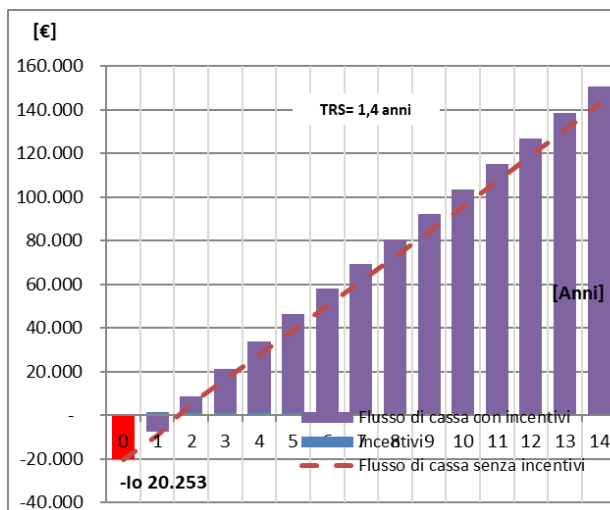
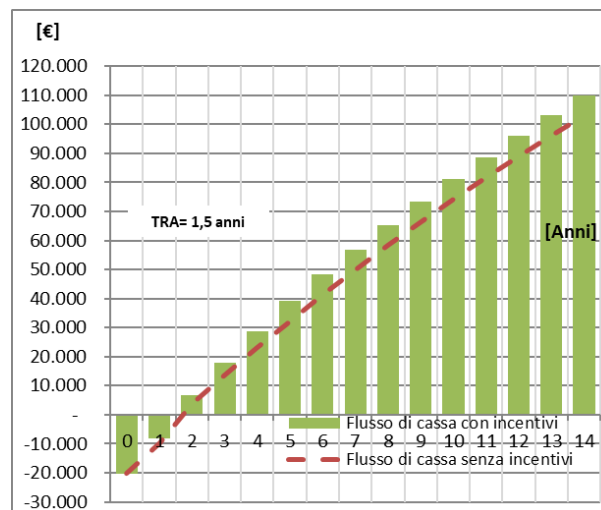


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 1,5 anni nel caso di incentivi. Anche in assenza di incentivi l’intervento risulta vantaggioso.

#### **EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led**

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	27.579
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	2.206
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	12,1	6,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,8	8,6
Valore attuale netto	VAN	- 11.928	- 2.106
Tasso interno di rendimento	TIR	-10,4%	1,6%
Indice di profitto	IP	-0,43	-0,08

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

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

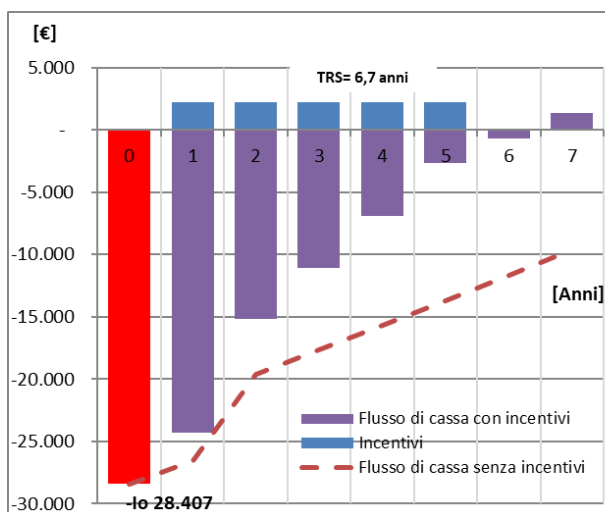
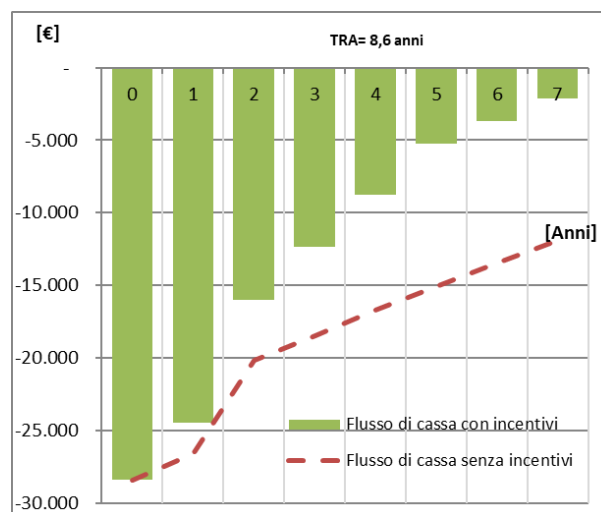


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 8 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto ad una spesa rilevante per sostenere l'intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull'impianto elettrico consigliamo di valutare la sostituzione dei corpi illuminanti assieme alla riduzione dei consumi elettrici che può arrivare dall'energia autoconsumata prodotta dall'installazione di un impianto fotovoltaico. In questo modo si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

### **EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico**

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

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

PAREMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	33.104
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	13,5	13,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,3	20,3
Valore attuale netto	VAN	- 456	- 456
Tasso interno di rendimento	TIR	3,8%	3,8%
Indice di profitto	IP	-0,01	-0,01

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

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

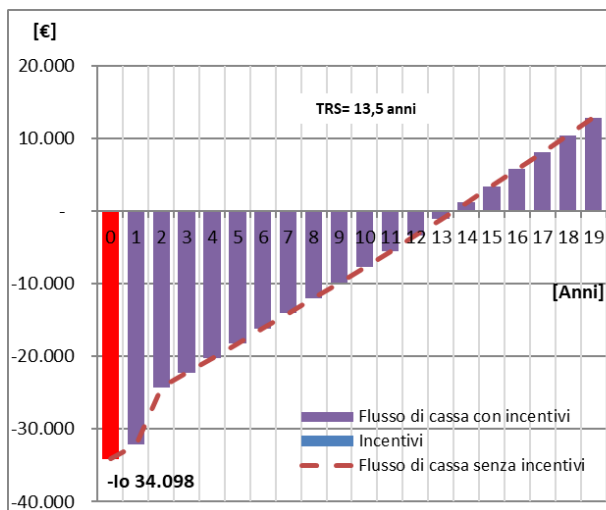
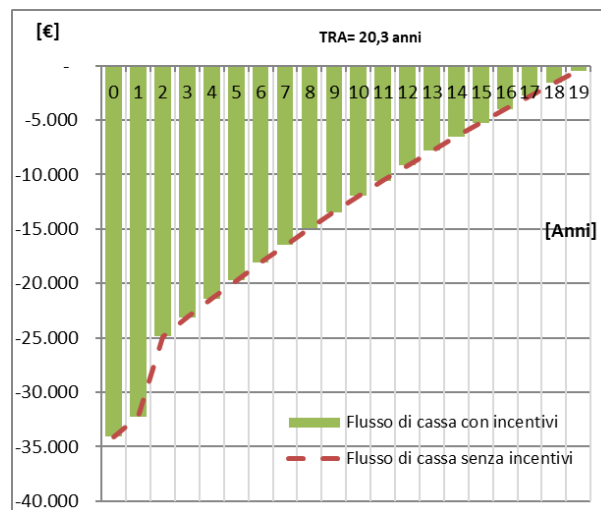


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 20 anni. Non sono previsti incentivi da conto termico per l’installazione dell’impianto fotovoltaico, quindi i flussi di cassa “ con incentivi” e senza sono identici.

### Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	13,7%	14,4%	2.114,6	0,0	0,0	-68.614,5	28,1	46,4	30	-24.961,3	0,2%	-0,4
EEM2	17,9%	18,7%	2.751,1	0,0	0,0	-72.687,0	23,6	39,6	30	-18.160,9	1,5%	-0,2
EEM3	21,7%	22,7%	3.335,4	0,0	0,0	-162.502,2	40,3	61,9	30	-86.226,9	-2,2%	-0,5
EEM4	9,1%	9,6%	1.408,4	9.395	2.498	-19.663,2	1,6	1,7	15	102.854,4	58,7%	5,2
EEM5	15,0%	14,1%	2.305,7	0,0	0,0	-27.579,3	12,1	13,8	8	-11.928,2	-10,4%	-0,4
EEM6	15,2%	14,3%	2.345,4	0,0	0,0	-33.104,5	13,5	20,3	20	-455,6	3,8%	0,0

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);
- $\Delta C_E$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta C_{MO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta C_{MS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell’investimento iniziale per la realizzazione dell’intervento; assume valori negativi;

Dall’analisi dei risultati emerge che solo l’EEM4 risulta avere un ritorno economico vantaggioso senza incentivi per la forte riduzione dei costi di manutenzione; ma vengono riportati tutti per completezza



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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	13,7%	14,4%	2.114,6	0,0	0,0	-68.614,5	16,5	30,2	30	-524,6	3,9%	0,0
EEM2	17,9%	18,7%	2.751,1	0,0	0,0	-72.687,0	13,7	22,7	30	7.726,3	5,3%	0,1
EEM3	21,7%	22,7%	3.335,4	0,0	0,0	-162.502,2	23,7	36,5	30	-29.787,3	1,3%	-0,2
EEM4	9,1%	9,6%	1.408,4	9.395	2.497	-19.663,2	1,4	1,5	15	109.799,2	65,8%	5,6
EEM5	15,0%	14,1%	2.305,7	0,0	0,0	-27.579,3	6,7	8,6	8	-2.105,9	1,6%	-0,1
EEM6	15,2%	14,3%	2.345,4	0,0	0,0	-33.104,5	13,5	20,3	20	-455,6	3,8%	0,0

Dall’analisi dei risultati emerge che i interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l’EEM2 e l’EEM4, seppur con un tempo di ritorno attualizzato maggiore della metà della vita utile per il primo dei due interventi. Inoltre c’è la possibilità di ridurre i consumi elettrici sfruttando almeno in parte l’energia elettrica installando un impianto fotovoltaico sulla copertura con ulteriore ricavi economico accedendo al meccanismo di scambio sul posto per l’energia elettrica prodotta in surplus rispetto ai consumi.

### 9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell’equity, ossia il rendimento atteso dall’investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I<sub>0</sub>
- E è l’Equity, pari a 20% di I<sub>0</sub>
- $\frac{D}{D+E}$  è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- $\tau$  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<sub>n</sub> sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;
- K<sub>n</sub> è la quota capitale da rimborsare nell’anno n-esimo;
- I<sub>n</sub> 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<sub>n</sub> è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l’eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell’intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell’investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari

ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLLCR maggiori di 1.

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

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

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

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

- **Scenario 1: [EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6]:** Tale scenario consiste nell'isolamento delle pareti esterne, l'isolamento della copertura, sostituzione del generatore di calore con installazione di valvole termostatiche, installazione di nuove plafoniere con lampade led e installazione di un impianto fotovoltaico;
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4]:** Tale scenario consiste nell'isolamento delle pareti esterne, l'isolamento della copertura, sostituzione degli infissi e sostituzione del generatore di calore con installazione di valvole termostatiche.

### 9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM2: Isolamento della copertura;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;
- EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico.

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 – Fornitura e Posa	52.528,11	11.556,18	64.084,30
EEM2 – Fornitura e Posa	54.163,16	11.915,90	66.079,06
EEM4 – Fornitura e Posa	14.652,17	3.223,48	17.875,65
EEM5 – Fornitura e Posa	20.550,90	4.521,20	25.072,10
EEM6 – Fornitura e Posa	24.668,00	5.426,96	30.094,96
Costi per la sicurezza	4.996,87	1.099,31	6.096,18
Costi per la progettazione	11.659,36	2.565,06	14.224,42
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>183.218,58</b>	<b>40.308,09</b>	<b>223.526,67</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]

EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	3.740	994	4.734
EEM5 O&M	-	-	-
EEM6 O&M	-	-	-
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>3.740</b>	<b>994</b>	<b>4.734</b>
<b>VOCE INCENTIVO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>TOTALE (IVA INCLUSA)</b>	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>87.215,50</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>17.443,10</b>	

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

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

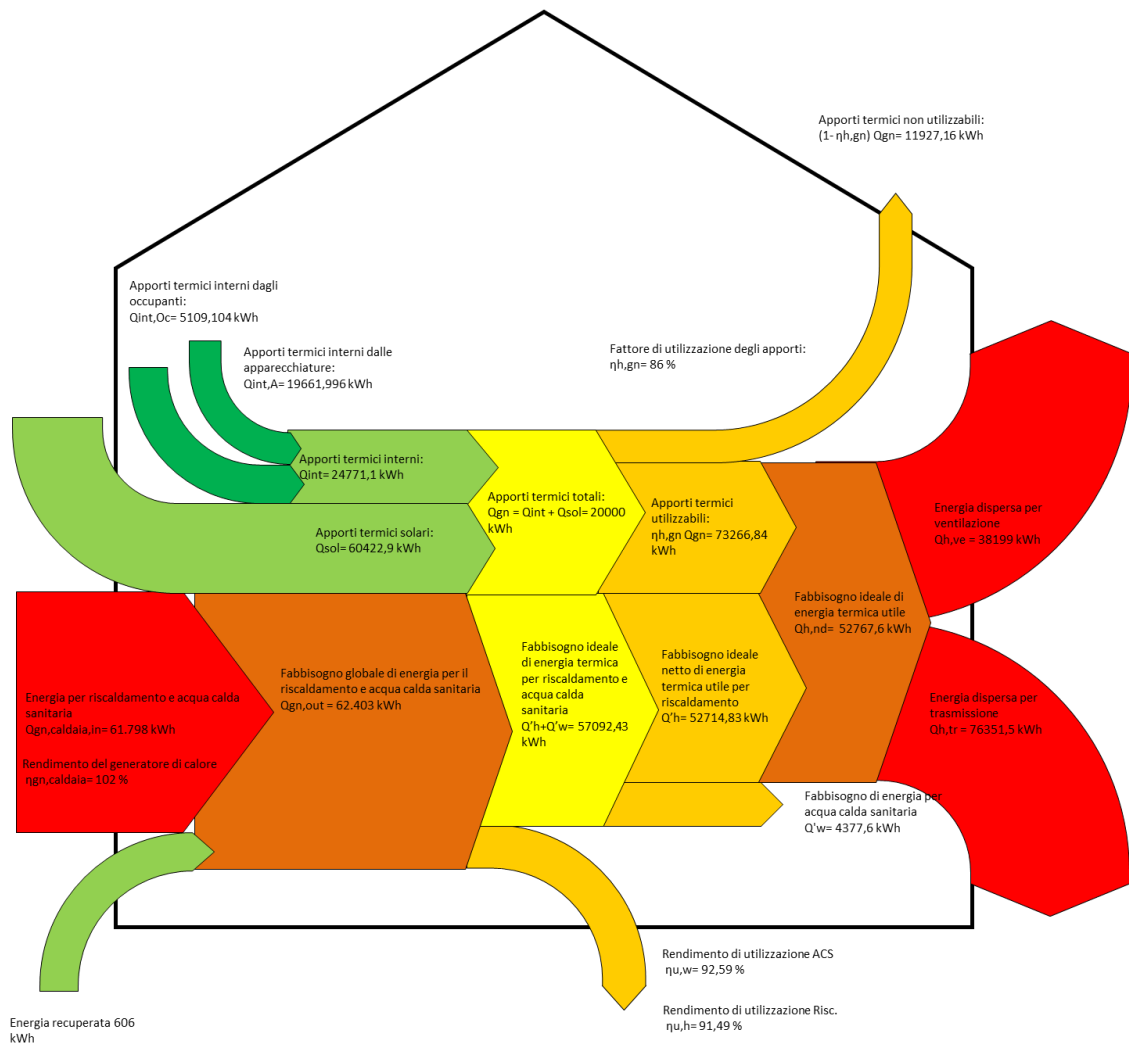
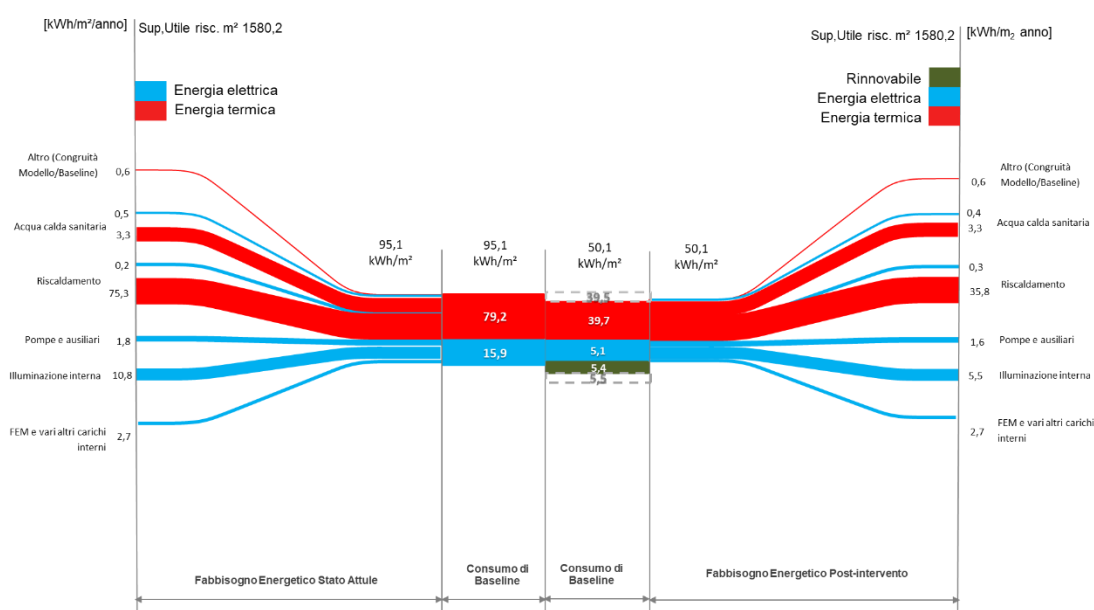


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

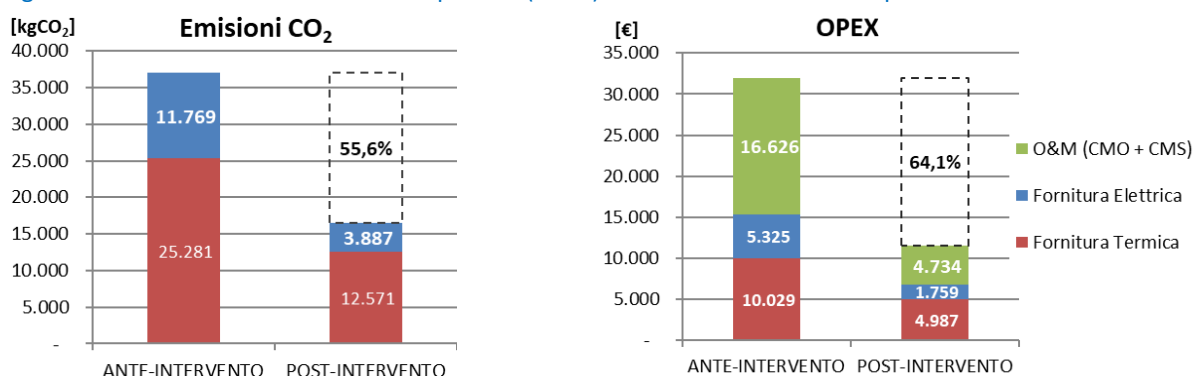


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione parete]	[W/m²K]	1,5	0,25	<b>83,3%</b>
EEM2 [trasmissione copertura]	[W/m²K]	1,42	0,22	<b>84,5%</b>
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	94	102	<b>8,5%</b>
EEM5 [Potenza installata]	[W]	9.936	5.060	<b>49,1%</b>
EEM5 [Potenza installata]	[W]	0	10.000	<b>100,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	124.278	61.798	<b>50,3%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.923	8.562	<b>67,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	125.151	62.232	<b>50,3%</b>
$EE_{Baseline}$	[kWh]	25.202	8.324	<b>67,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.281	12.571	<b>50,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.769	3.887	<b>67,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.050</b>	<b>16.458</b>	<b>55,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	10.029	4.987	<b>50,3%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.372	1.774	<b>67,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15.401</b>	<b>6.761</b>	<b>56,1%</b>
$C_{MO}$	[€]	13.134	3.740	<b>71,5%</b>
$C_{MS}$	[€]	3.491	994	<b>71,5%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>16.626</b>	<b>4.734</b>	<b>71,5%</b>
OPEX	[€]	<b>32.027</b>	<b>11.495</b>	<b>64,1%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	<b>+2 classi</b>

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_o$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	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	<b>IRES</b>	24,0%
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	8
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 223.527
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 6.706
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ 230.232
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	80,0%
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	€ 184.186
Equity	$I_E$	€ 46.046
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	6,88
Rata annua debito	$q_D$	€ 26.754
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 214.031
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€ 29.845

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 13.142
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 13.317
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 26.458
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	56,1%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	71,5%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 16.200
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.323
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 62.974
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 20.215
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	32,89%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 5.409
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 2.132
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 7.336
Canone O&M €/anno	$CnM$	€ 3.941
Canone Energia €/anno	$CnE$	€ 6.318
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€ 10.259
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€ 14.877
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€ 25.136
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 40.308
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 87.216
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.19 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,75
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	10,43
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 40.973
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	7,51%
Indice di Profitto	IP	18,33%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	4,83
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	10,58
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 21.944
Tasso interno di rendimento dell’azionista	TIR > ke	18,62%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,098
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,516
Indice di Profitto Azionista	IP	9,82%



Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

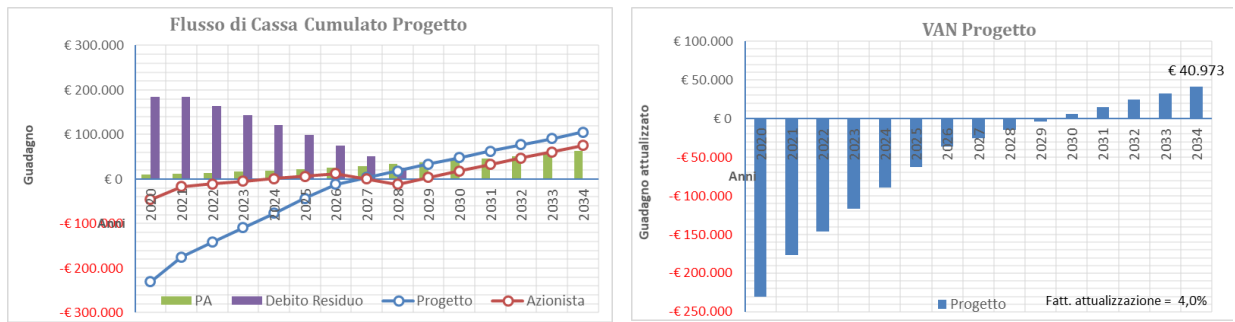
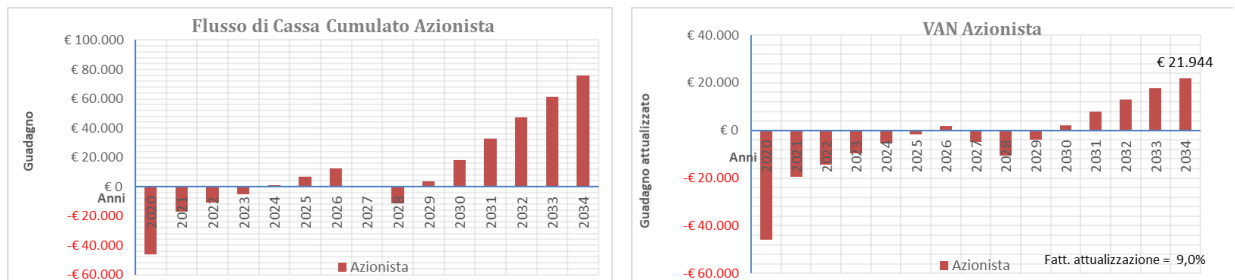
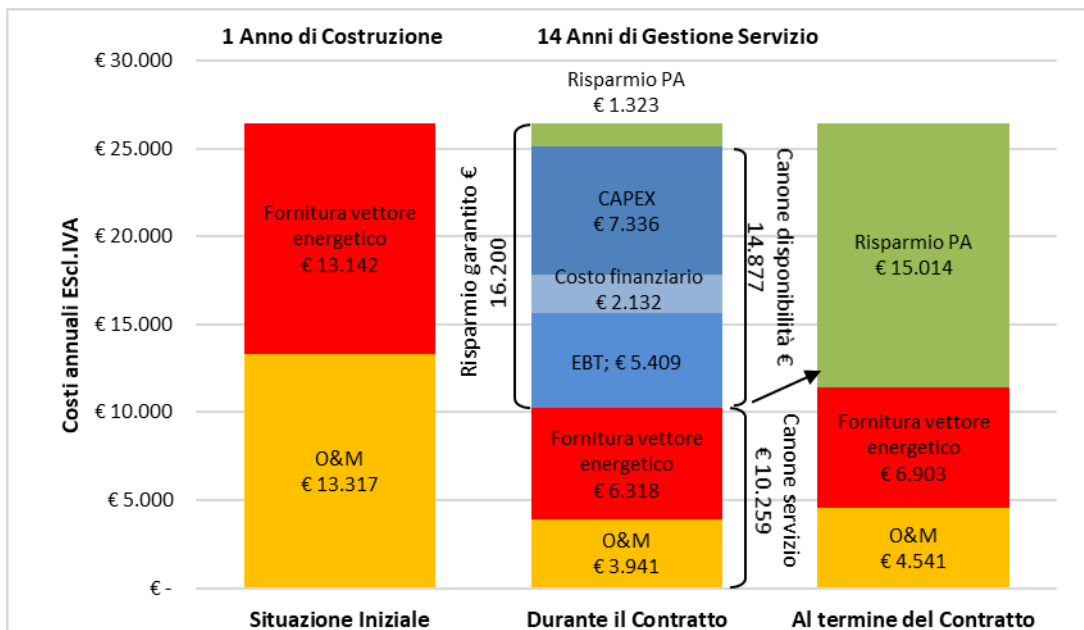


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM2: Isolamento della copertura;

- EEM3: Sostituzione degli infissi;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 – Fornitura e Posa	52.528,11	11.556,18	64.084,30
EEM2 – Fornitura e Posa	54.163,16	11.915,90	66.079,06
EEM4 – Fornitura e Posa	119.060,97	26.193,41	145.254,38
EEM4 – Fornitura e Posa	14.652,17	3.223,48	17.875,65
Costi per la sicurezza	7.212,13	1.586,67	8.798,80
Costi per la progettazione	16.828,31	3.702,23	20.530,54
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>264.444,86</b>	<b>58.177,87</b>	<b>322.622,72</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	3.740	994	4.734
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>3.740</b>	<b>994</b>	<b>4.734</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	<b>127.709,91</b>	
Durata incentivi		<b>5</b>	
Incentivo annuo		<b>25.541,98</b>	

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

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

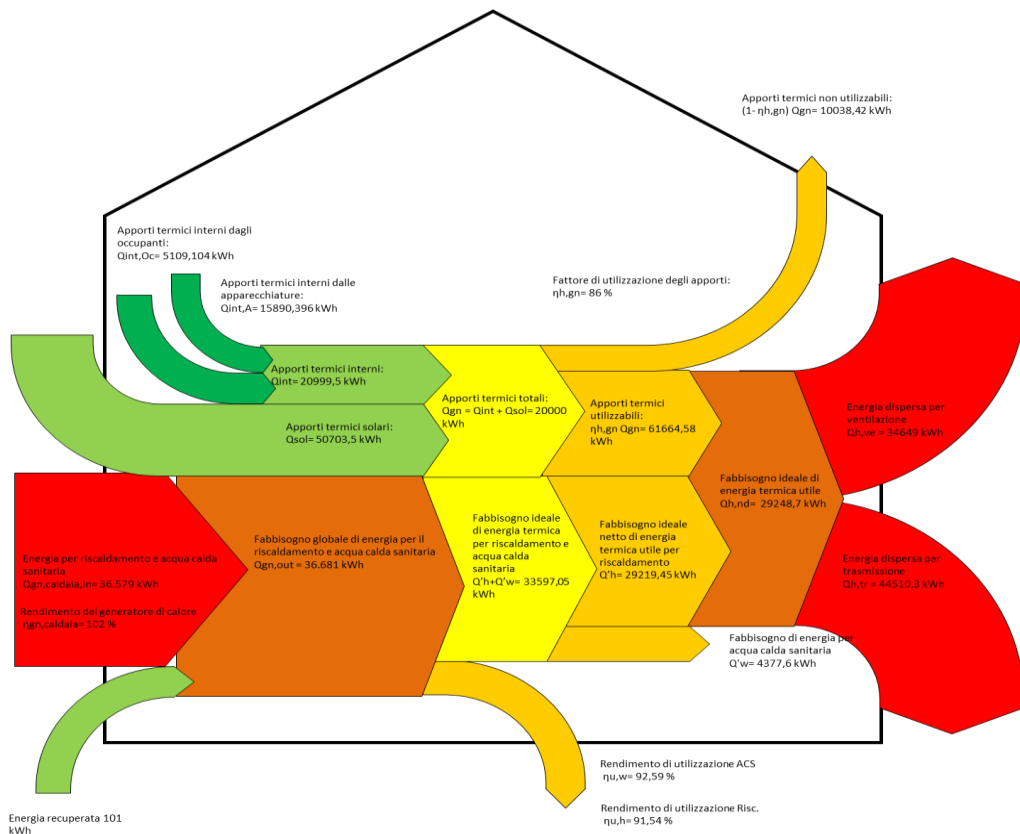
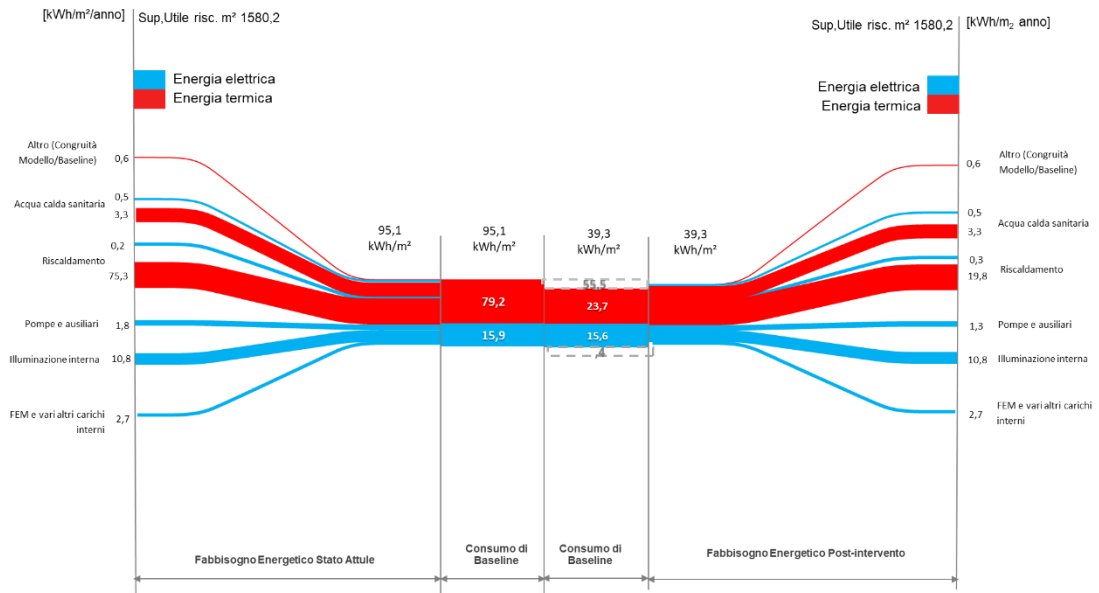


Figura 9.20 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

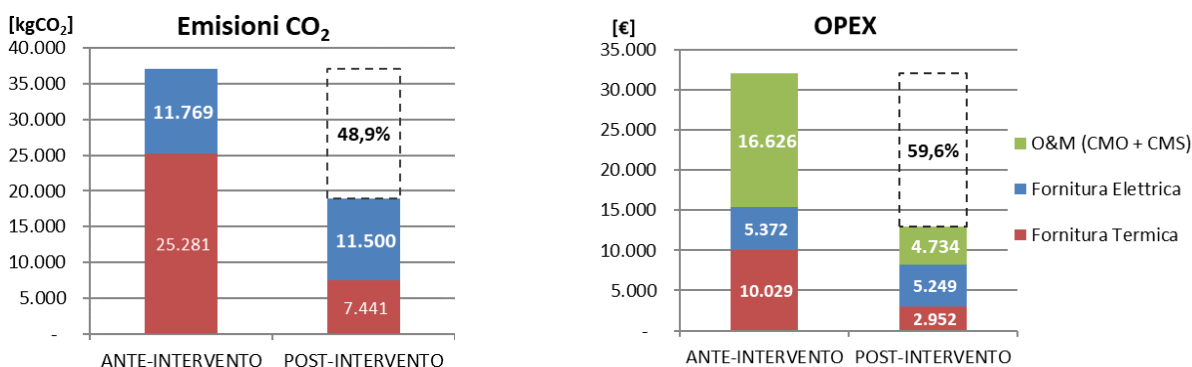


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.21.

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione parete]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,5	0,25	<b>83,3%</b>
EEM2 [trasmissione copertura]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,42	0,22	<b>84,5%</b>
EEM3 [trasmissione finestra]	[W/m <sup>2</sup> K]	4,5	1,5	<b>66,7%</b>
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	94	102	<b>8,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	124.278	36.579	<b>70,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.923	25.330	<b>2,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	125.151	36.836	<b>70,6%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.202	24.625	<b>2,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.281	7.441	<b>70,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.769	11.500	<b>2,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.050</b>	<b>18.941</b>	<b>48,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.029	2.952	<b>70,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.372	5.249	<b>2,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.401</b>	<b>8.201</b>	<b>46,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	13.134	3.740	<b>71,5%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	3.491	994	<b>71,5%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.626</b>	<b>4.734</b>	<b>71,5%</b>
OPEX	[€]	<b>32.027</b>	<b>12.935</b>	<b>59,6%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,213 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	24

Anni Concessione	$n$	25
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	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	<b>IRES</b>	24,0%
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	15
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_D$	€ 325.345
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 9.760
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ 335.105
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	80,0%
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	€ 268.084
Equity	$I_E$	€ 67.021
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	11,41
Rata annua debito	$q_D$	€ 23.503
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 352.539
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=<math>q_D * n_D - D</math></b>	€ 84.455

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 13.142
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 13.317
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 26.458
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>	46,7%
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>	71,5%
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%<math>C_{Baseline}</math></b>	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€ 14.254
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€ 529
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€ 113.977
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€ 21.117
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	24
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	28,71%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 4.009
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 3.519
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 6.197
Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	€ 4.042

Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	€	8.162
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>CnS</b>	€	12.204
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>CnD</b>	€	13.725
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>Cn</b>	€	25.929
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		22%
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€	58.669
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€	127.710
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	11,24
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	17,41
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ 43.218
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	5,90%
Indice di Profitto	<b>IP</b>	13,28%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	2,97
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	3,51
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ 26.100
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	27,58%
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,120
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,125
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	8,02%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

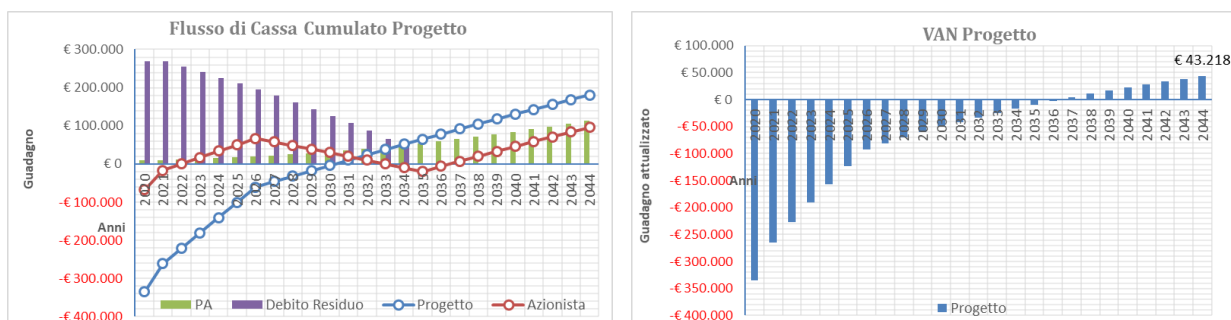
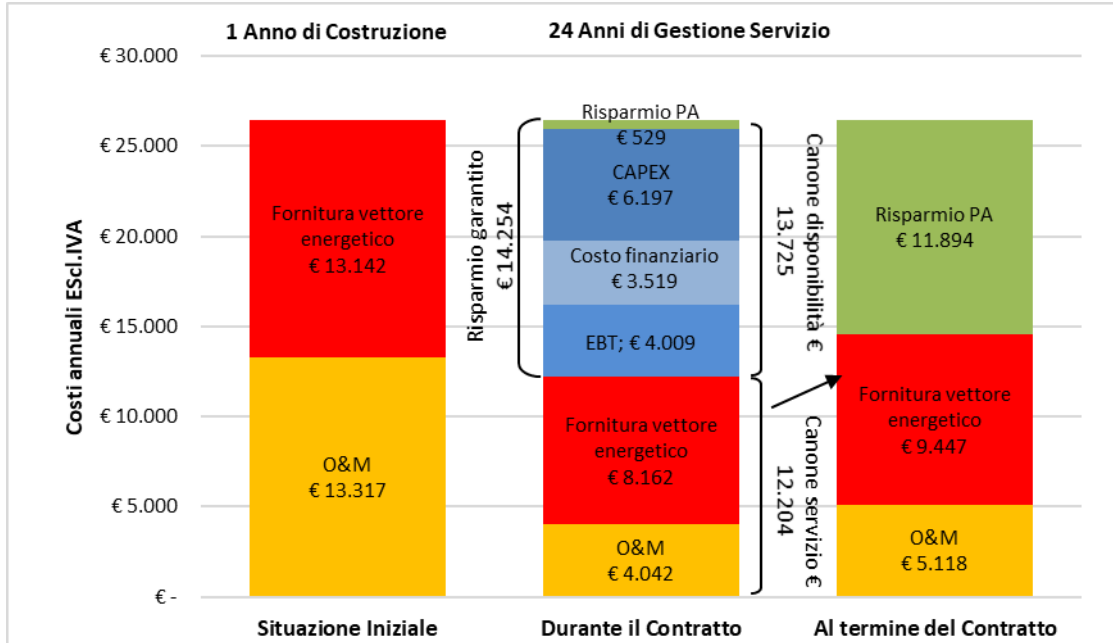


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract





## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

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

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

INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE		CONDIZIONI REALI	U.M.	CONDIZIONI STANDARD	U.M.
Indice di prestazione energetica globale	EP <sub>gl</sub>	108,8	kWh/mq anno	193,7	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP <sub>H</sub>	83,0	kWh/mq anno	158,4	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP <sub>acs</sub>	4,1	kWh/mq anno	5,8	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	EP <sub>C</sub>	0,0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la ventilazione	EP <sub>V</sub>	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	21,7	kWh/mq anno	29,5	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP <sub>Tr</sub>	0,0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP <sub>T</sub>	78,1	Kg/mq anno	150,2	Kg/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	16,4	kWh/mq anno	18,2	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET <sub>H</sub>	75,1	kWh/mq anno	145,7	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il raffrescamento	ET <sub>C</sub>	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per la produzione di acs	ET <sub>W</sub>	3,5	kWh/mq anno	4,5	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	23,4	Kg/mq anno	38,8	Kg/mq anno

### 10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

#### 10.2.1 Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:

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

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

- Tempo di riorno Semplice (TR) (anni).
- Ambientali: Tonnellate di CO<sub>2</sub> evitate annualmente (ton/anno).

Tabella 10.2 – Analisi multicriterio degli interventi migliorativi

INTERVENTO	Criterio Energetico	Criterio Ambientale	Criterio Economico				Risultato complessivo
	Risparmio energia primaria	CO <sub>2</sub> risparmiata	TIR	IP	TR	VAN	
	kWh/anno	Ton/anno	%	-	anni	€	
EEM 1*	18.804,38	5,33	3,9%	-0,01	16,53	-525,23	-
EEM 2	30.655,88	6,93	5,3%	0,11	13,66	7.724,18	0,11
EEM 3*	38.556,88	8,39	1,3%	-0,18	23,75	-29.794,25	-
EEM 4	12.641,60	3,57	65,8%	5,58	1,41	109.803,67	0,29
EEM 5*	17.066,16	5,18	1,5%	-0,08	6,67	-2.187,34	-
EEM 6*	14.221,80	5,27	3,8%	-0,02	13,55	-649,28	-
SCN1	93.231,80	21,20	7,5%	18,33	7,75	40.973,00	0,84
SCN2	91.651,60	18,55	5,9%	13,28	11,24	43.217,72	0,71

<b>PESO</b>	20%	30%	5%	30%	5%	10%
-------------	-----	-----	----	-----	----	-----

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

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

L'analisi multicriterio dimostra che l'SCN1 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'SCN2; tra gli interventi singoli proposti l'intervento migliore risulta la sostituzione del generatore di calore con l'installazione delle valvole termostatiche.

In generale l'analisi multicriterio mette in luce anche il fatto che un maggior investimento non determina per forza un miglioramento dei parametri energetici, ambientali ed economici; infatti il risultato complessivo mostra che l'interazione di questi parametri può portare un intervento a basso investimento ad essere migliore di uno ad investimento maggiore.

### 10.2.2 Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi

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

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

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

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

Il Sistema di Monitoraggio e Verifica delle Prestazioni prevede:

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

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

Il report annuale di monitoraggio dovrà contenere gli elementi seguenti:

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

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

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



## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Allegato A - Elenco documentazione fornita dalla committenza	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoA.docx

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell'energia elettrica	Analisi fatture EE	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture dell'energia termica	Analisi fatture GAS	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall'auditor	Dati consumi termici ed elettrici	07/06/18	kyotoBaseline-E670_rev10.xlsx



## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoC.docx



## **ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI**

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





## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo, fabbisogno di energia e diagnosi energetica rilasciati dal software	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoE.pdf



## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-Allegato F.pdf



## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoG-APE.pdf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E670_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E670_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf



## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
Dati climatici		07/06/18	GG_Lotto.3-E670_revB.xlsx



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	07/06/18	DE_Lotto3-E670_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx

**ALLEGATO K – SCHEDE ORE**

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_isolamento copertura piana	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf
Scheda ORE_impianto fotovoltaico.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_rev0-AllegatoK-Scheda ORE_EEM6.pdf





## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx



## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchamark	07/06/18	DE_Lotto.3-E670_revC-AllegatoM-Benchmark.docx

## ALLEGATO N – CD-ROM