

# Scuola Primaria “Ball” e Scuola dell’infanzia comunale “Glicine”

**E675**

**Salita Costa dei Ratti 6A**

**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 “Ball” e Scuola dell’infanzia comunale “Glicine”

## E675

Salita Costa dei Ratti 6A

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	18/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione
Rev. C	07/06/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Terza 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 .....	1
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>15</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>20</i>
<i>Sottosistema di distribuzione .....</i>	<i>21</i>
<i>Sottosistema di generazione .....</i>	<i>22</i>
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.8. ....</b>	<b>22</b>
4.3    DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	23
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.9. ....</b>	<b>24</b>
4.4    DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	24
4.5    DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	24
4.6    DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	24
4.7    DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	25
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>31</i>
5.2    INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	35
<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> .....	63
	8.1.4 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	65
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>68</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	68
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	73
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	82
	9.3.1 <i>Scenario 1: EEM2 + EEM5 + EEM7</i> .....	84
	9.3.2 <i>Scenario 2: EEM2 + EEM5 + EEM6 + EEM7</i> .....	89
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>96</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	96
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	96
	10.2.1 <i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:</i> .....	96
	10.2.2 <i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i> .....	97
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	98
<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>A</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		1990
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> ]	2.244,44
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	6.041,84
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	11.650,29
Rapporto S/V	[1/m]	0,52
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.321,52
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.614,05
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	4.275,51
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	6.889,56
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori tradizionali a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	Due caldaie standard a basamento in parallelo da 186 kW l’una
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale a basamento e boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	68,48
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	234.779
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	18.277,64
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	43.060
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.038,54

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 dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: Sostituzione dei generatori di calore e installazione di una pompa di calore e di valvole termostatiche
- EEM 6: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM 7: Installazione di un impianto fotovoltaico.
- SCN 1: Isolamento copertura, sostituzione generatori di calore e installazione di una pompa do calore e valvole termostatiche, installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 2: Isolamento copertura, sostituzione generatori di calore e installazione di una pompa do calore e valvole termostatiche, installazione di nuove plafoniere con lampade led e installazione di un impianto fotovoltaico.

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

	CON INCENTIVI													
	% $\Delta E$ %	% $\Delta CO_2$ %	$\Delta C_E$ €/anno	$\Delta C_{MO}$ €/anno	$\Delta C_{MS}$ €/anno	$I_0$ [€]	TRS anni	TRA anni	n anni	VAN €	TIR %	IP -	DSCR	LLCR
EEM1	10,8%	11,3%	2.950,0	0,0	0,0	-171.597,8	26,9	38,6	30	-39.211,1	0,5%	-0,2	[n/a]	[n/a]
EEM2	6,3%	6,7%	1.733,6	0,0	0,0	-70.644,1	19,9	33,6	30	-7.729,6	2,5%	-0,1	[n/a]	[n/a]
EEM3	7,5%	7,9%	2.044,9	0,0	0,0	-152.635,5	32,5	42,4	30	-45.907,1	-1,0%	-0,3	[n/a]	[n/a]
EEM4	10,0%	10,5%	2.719,8	1.018,3	113,1	-43.374,4	6,0	8,0	15	13.737,7	9,8%	0,3	[n/a]	[n/a]
EEM5	9,8%	10,3%	2.666,2	1.018,3	113,1	-36.602,3	5,0	6,8	15	17.139,6	12,2%	0,5	[n/a]	[n/a]
EEM6	12,2%	11,2%	3.341,1	0,0	0,0	-31.960,1	5,5	6,8	8	1.007,6	5,0%	0,0	[n/a]	[n/a]
EEM7	15,5%	14,1%	4.223,2	0,0	0,0	-60.031,7	13,5	20,4	20	-1.184,8	3,7%	0,0	[n/a]	[n/a]
SCN1	19,3%	0,2	4.260,2	473,4	4.733,6	-167.278,1	10,9	16	15	-4.521,0	3,5%	-2,7	1,07	0,81
SCN2	43,6%	0,4	15.401,1	4.260,2	473,4	-193.780,8	10,5	15	25	36.269,0	6,6%	18,7	1,18	1,21

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. 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); tuttavia, la necessità del doppio salto di classe non lo ha reso sempre possibile, vista la necessità di ricorrere ad interventi molto efficaci dal punto di vista della riduzione del fabbisogno energetico (coibentazione a cappotto), ma allo stesso tempo anche particolarmente onerosi da un punto di vista economico. Entrambi gli scenari individuati consentono il salto di due classi, ma presentano valori sufficienti solo per l’indicatore DSCR. LLCR è invece inferiore all’unità per il primo scenario in quanto i flussi di cassa cumulati dell’azionista, come osservabile nei grafici, dopo aver raggiunto un picco positivo cominciano decrescere.

## 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.

### 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.

Figura 0.1 - Vista della facciata esposta ad Ovest



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

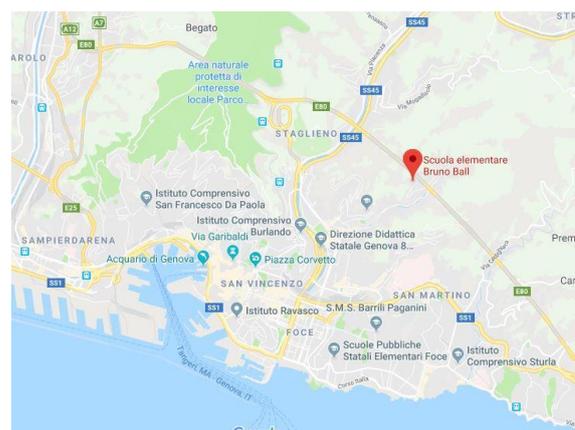
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Eugenio Ardeni	TA – Tecnico dell’analisi preliminare	Analisi del capitolato tecnico del bando e preparazione materiale per il sopralluogo
Ing. Eugenio Ardeni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Alex Nonni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in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

## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 29 Mapp. 3105 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Quezzi, in Salita Costa dei Ratti 6A.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria “Ball” e scuola dell’infanzia “Glicine”.

Figura 0.2 – 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		1990
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> ]	2.244,44
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	6.041,84
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	11.650,29
Rapporto S/V	[1/m]	0,52
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.321,52
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.614,05

scaldate)		
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	4.275,51
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	6.889,56
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori tradizionali a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	Due caldaie standard a basamento in parallelo da 186 kW l'una
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Generatore tradizionale a basamento e boiler elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	68,48
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	234.779
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	18.277,64
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	43.060
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.038,54

Nota (1): Valori di Baseline

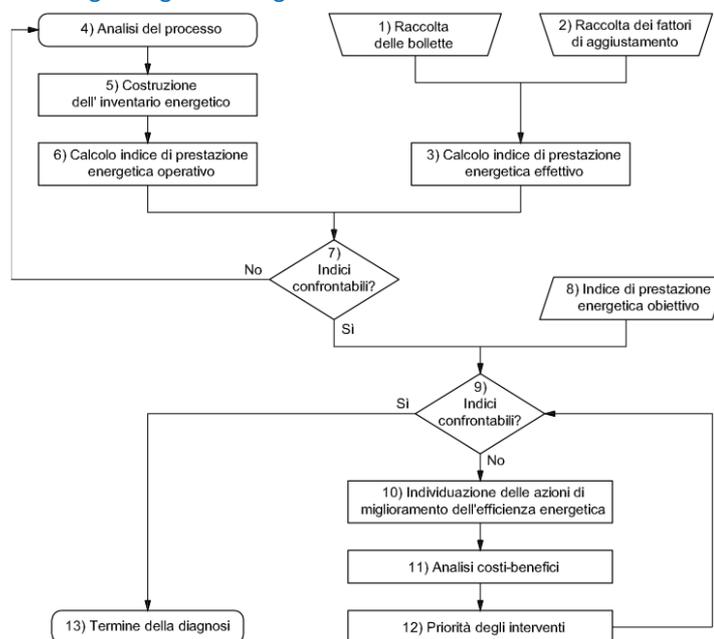
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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, Assistal, 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<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);

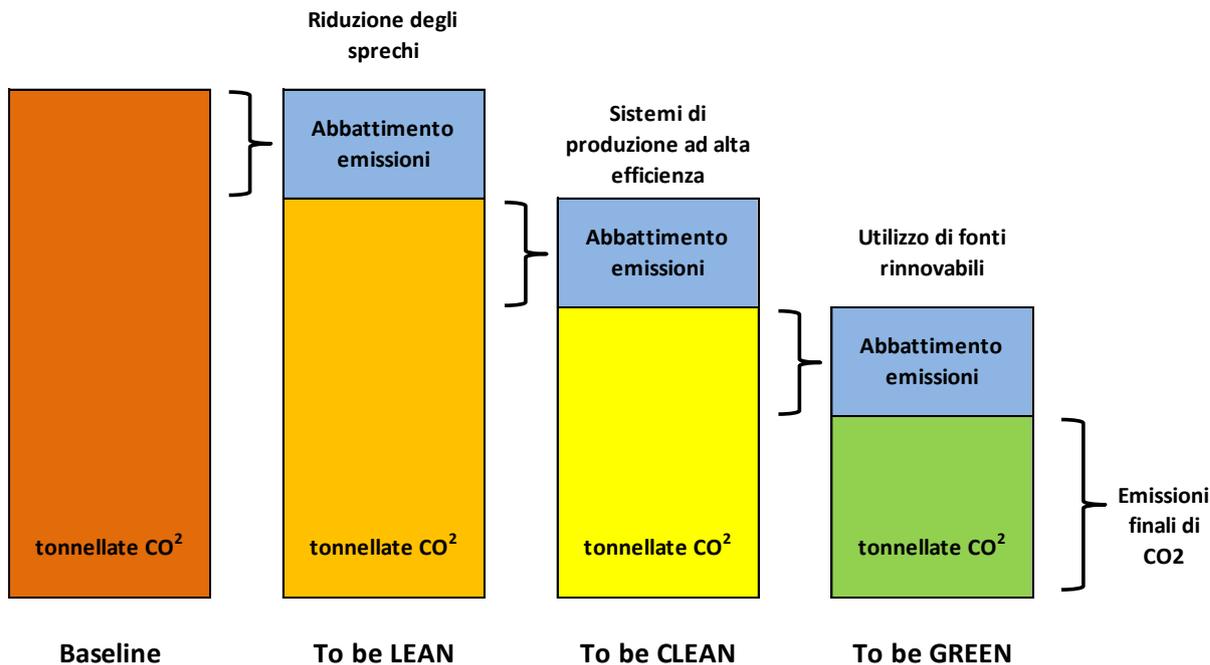
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCO;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 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:

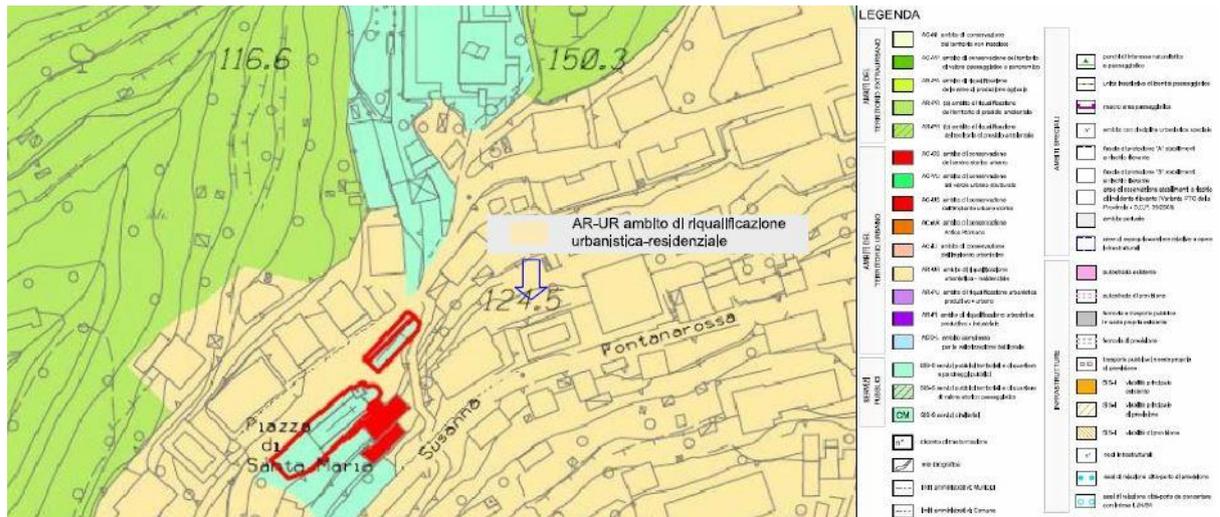
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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.

## 2 DATI DELL’EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l’edificio oggetto della DE in zona AC-UR; tale zona è principalmente adibita a servizi di ordine pubblico, di residenza e strutture ricettive. In particolare l’edificio oggetto della DE viene classificato come SIS-S (Servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



### 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO

L’edificio ove sono ubicate la scuola elementare “Ball” e la scuola materna “Glicine” risale al 1990. Ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d’uso E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. Al suo interno sono presenti anche un locale adibito a palestra con annessa sala pesi e servizi igienici dotati di docce.

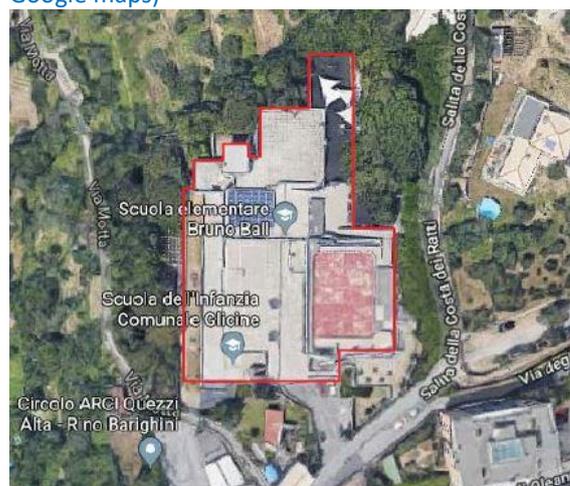
Ai fini dell’esecuzione degli interventi di efficientamento energetico non sarà comunque necessario apportare varianti agli strumenti urbanistici né provvedere ad espropri o a variazioni di proprietà.

L’ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l’efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all’interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli studenti e dal personale docente.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani, nessuno dei quali a parte l’ultimo completamente fuori terra. I primi tre piani hanno il lato nord separato dal terreno solamente tramite intercapedini, mentre il quarto piano si sviluppa unicamente come sala pesi nel complesso della palestra mentre sul resto dell’edificio si estende la copertura. Inoltre la copertura del piano terra sul lato interno è stradale in quanto percorribile da macchine. Nei vari piani dell’edificio si sviluppano le varie attività scolastiche e tutte le attività collegate all’utilizzo delle palestre. Il locale tecnico della centrale termica è esterno all’edificio.

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



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.

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	Aule scolastiche	[m <sup>2</sup> ]	1.309,71	458,94	0
Terra	Aule scolastiche, Palestra	[m <sup>2</sup> ]	622,38	1.121,19	0
Primo	Cucina, Refettorio, Tribuna	[m <sup>2</sup> ]	538,55	564,25	0
Secondo	Sala pesi	[m <sup>2</sup> ]	143,41	100,22	0
<b>TOTALE</b>		<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>2614,05</b>	<b>2.244,60</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 è risale agli anni 90 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: Sostituzione generatori di calore e installazione di una pompa	-		-

di calore e valvole termostatiche		
EEM 6: 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.

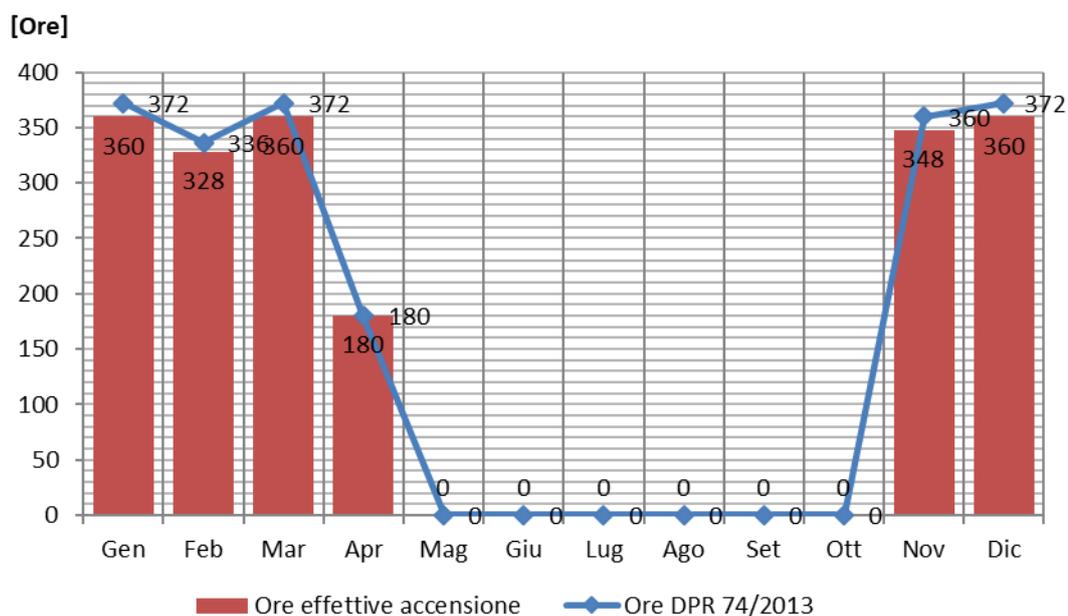
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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 – 18.30	6.00 – 18.00
	Sabato	-	6.00 – 18.00
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30	-

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 anche il sabato e a volte la domenica.

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 1379 GG calcolati su 161 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	30	288	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	27	260	19%
Marzo	31	11,1	31	276	20	30	267	19%
Aprile	30	15,3	31	71	20	15	71	5%
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	29	194	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	30	300	22%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>245</b>	<b>161</b>	<b>1379</b>	<b>100%</b>

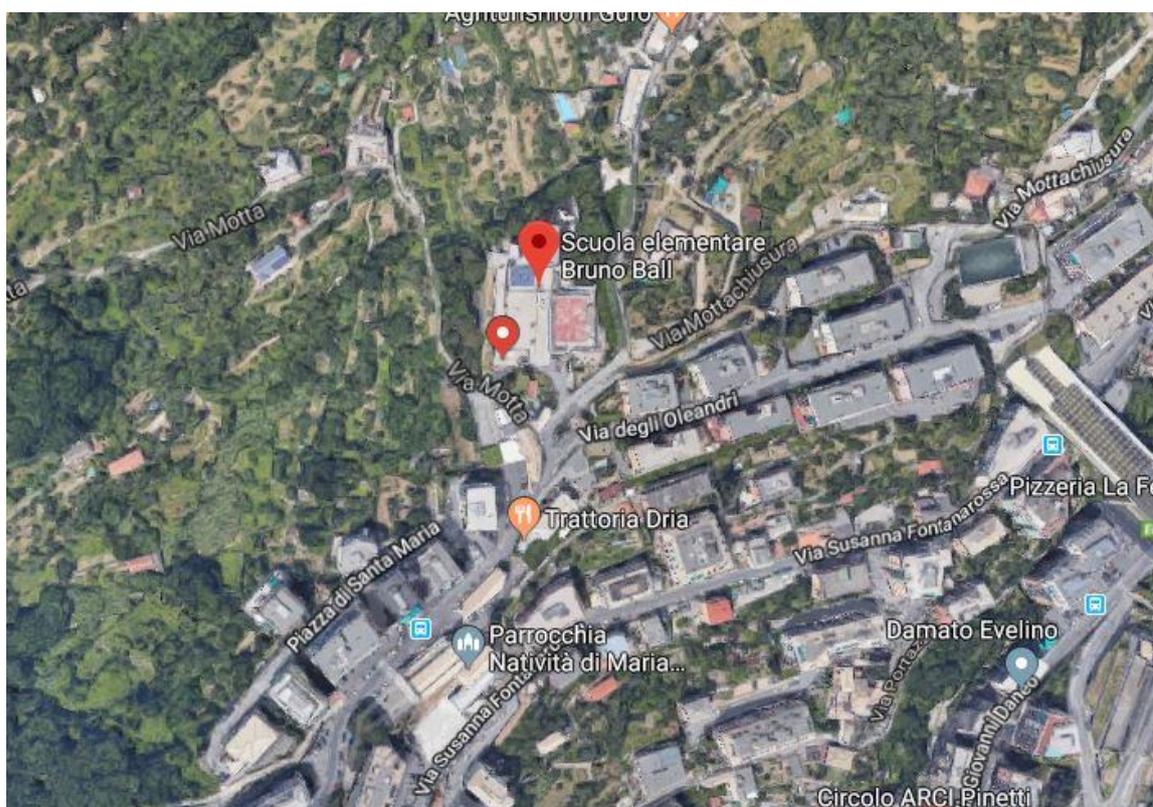
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 nel parcheggio dello stesso edificio oggetto della DE.

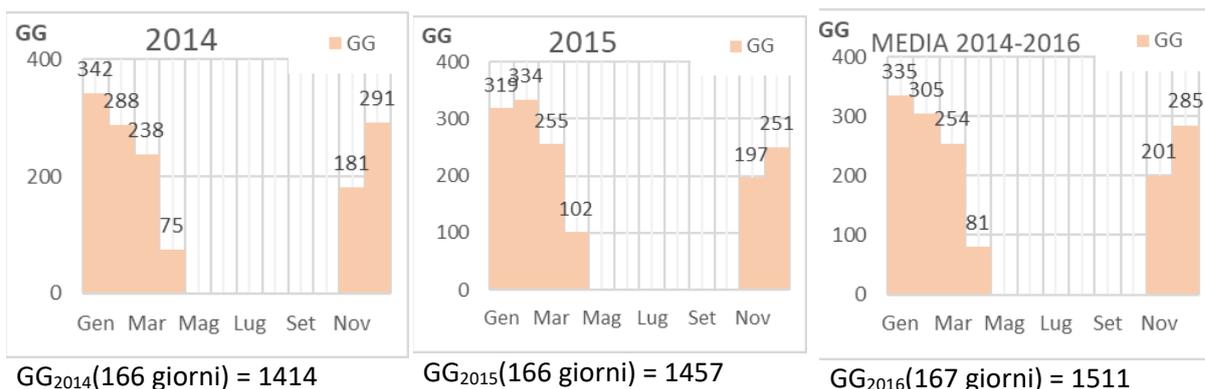
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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

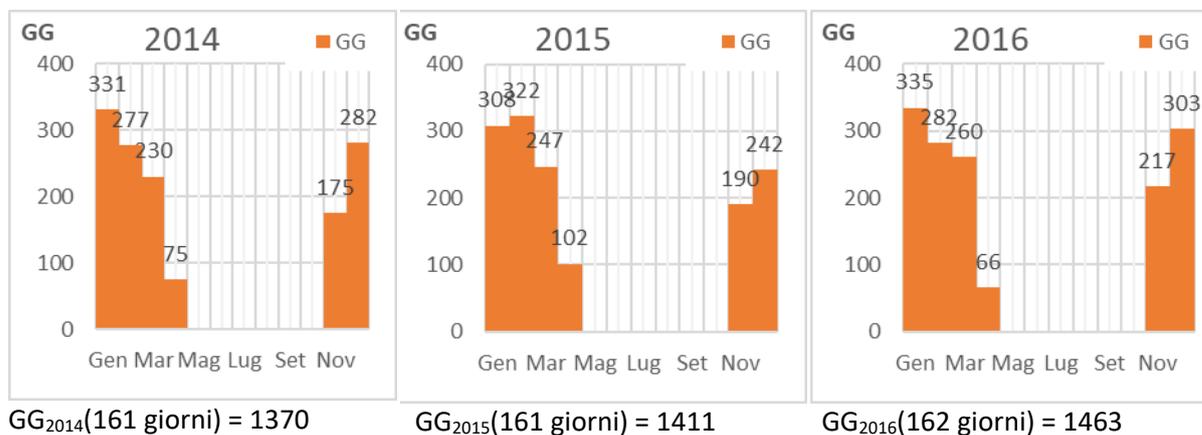


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1415 GG calcolati su 161 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<sub>real</sub> 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 murature portanti costituite prevalentemente da un telaio in calcestruzzo più mattoni forati. La copertura del primo e secondo è piana, costituita da blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile. La copertura del piano seminterrato e del piano terra sul lato esterno è rivestita da una pavimentazione esterna in quanto pedonabile, mentre la copertura del piano terra sul lato interno è costituita da blocchi di cemento armato in quanto costituisce il manto stradale del parcheggio adibiti alle auto.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale e del manto stradale adibito a parcheggio



Figura 4.2 - Particolare della facciata laterale

Va inoltre sottolineato che non trattandosi di un edificio che si trova all’interno di una zona di conservazione dell’impianto urbanistico, è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell’involucro visibili dall’esterno in quanto l’edificio non risulta vincolato.



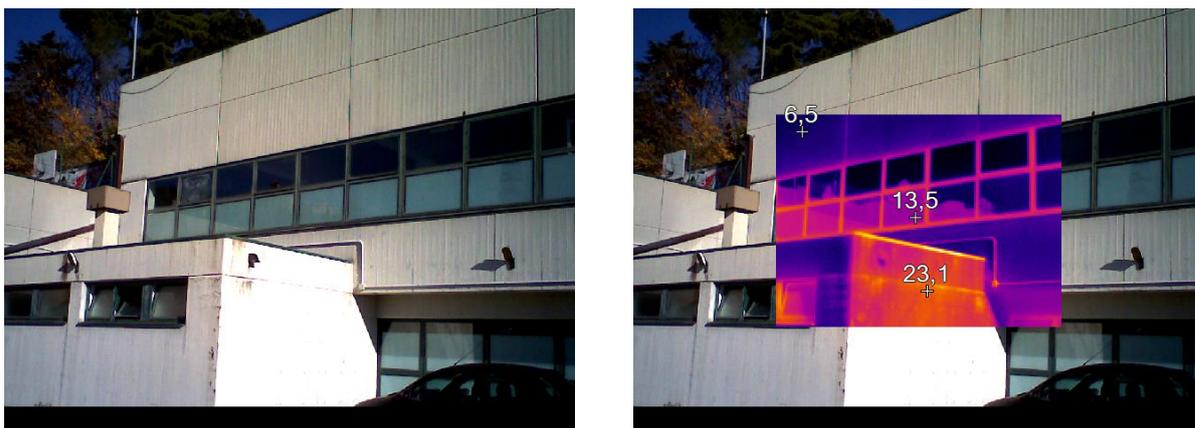
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- 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	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Parete verticale	PE - 50	50	Assente	1,03	Sufficiente
Parete verticale	PE - 40	40	Assente	0,93	Sufficiente
Parete verticale	PE - 30	30	Assente	1,18	Sufficiente
Parete verticale	PE - 20	20	Assente	1,63	Sufficiente
Solaio interpiano	SOL1	30	Assente	1,30	Sufficiente
Copertura piana terrazza	COP1	30	Assente	1,03	Sufficiente
Copertura piana edificio	COP2	30	Assente	1,05	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 doppi 4-6-4. Sono presenti anche porte finestre in metallo e vetro doppio.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti di un’aula



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti della palestra



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. Si notino in particolare gli infissi e zone del muro esterno al di sotto delle finestre in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio.

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	P1	134x276	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	3,82	Buono
Serramento verticale	F1	200x192	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	3,82	Buono
Serramento verticale	F2	935x60	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	4,03	Buono
Serramento verticale	F3	200x60	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	4,04	Buono
Serramento verticale	P2	310x320	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	3,96	Buono
Serramento verticale	F4	1030x65	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	3,06	Buono
Serramento verticale	F5	230x165	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	3,08	Buono
Serramento verticale	P3	133x255	Metallo senza Taglio termico	Vetro doppio	3,30	Buono

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

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

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito prevalentemente da un impianto ad acqua, alimentato da due caldaie a basamento e in parte da un impianto ad aria (UTA), collegato alle caldaie.

### Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa;
- Bocchette ad aria;

I radiatori in ghisa sono installati in tutte le aule dell’edificio e nei corridoi tranne nella palestra e nei locali adiacenti al primo e secondo piano. Infatti in questi locali sono presenti bocchette per l’estrazione e per l’immissione d’aria collegate ad un sistema di ventilazione meccanica. Le tubazioni metalliche dell’UTA percorrono internamente i locali della palestra e della sala pesi.

Figura 4.8 - Particolare di un radiatore in ghisa



Figura 4.9 – Particolare delle bocchette di aerazione nella palestra



Figura 4.10 - Particolare della tubazione metallica dell’UTA con bocchetta d’aerazione



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	93%
ZT-02 Cucina	Radiatori in ghisa	93%
ZT-03 Palestra	Bocchette in sistemi ad aria calda	94%
ZT-04 Spogliatoi	Radiatori in ghisa	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA <sup>(2)</sup>	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	Radiatori in ghisa	18	1,08 ÷ 1,95	30,80	0	0
Terra	Radiatori in ghisa	42	0,54 ÷ 2,70	46,77	0	0
Terra	Bocchette in sistemi ad aria calda	12	non disponibile <sup>(1)</sup>	non disponibile <sup>(1)</sup>	0	0
Primo	Radiatori in ghisa	18	0,54 ÷ 2,70	28,60	0	0
Primo	Bocchette in sistemi ad aria calda	2	non disponibile <sup>(1)</sup>	non disponibile <sup>(1)</sup>		
<b>TOTALE</b>		-	-	-	-	-

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

Nota (2): I dati inseriti sono stati presi dalle check list dei componenti dell’impianto di climatizzazione - terminali messi a disposizione da parte della PA; così è stato riportato il range della potenza termica unitaria indicando il valor minimo e massimo e la potenza termica totale dei terminali di emissione

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**

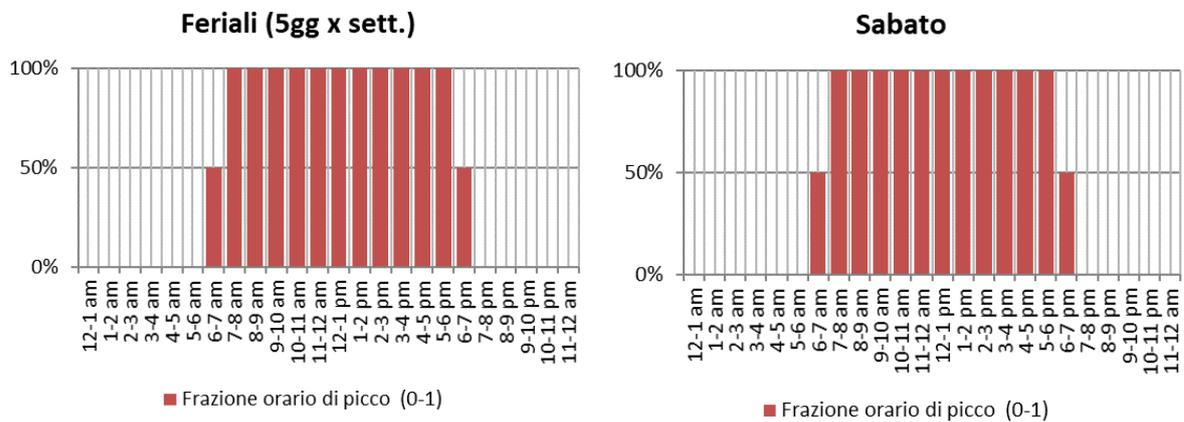
La regolazione del funzionamento delle caldaie in centrale termica avviene mediante telegestione con sonde climatiche esterne ed interne e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati in una centralina di controllo. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C. I radiatori sono dotati di valvole on-off.

Figura 4.11 - 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 Cucina	Zona + Climatica	96%
ZT-03 Palestra	Zona + Climatica	96%
ZT-04 Spogliatoi	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) Circuiti primari di collegamento tra le caldaie a basamento e il collettore del caldo, i terminali di emissione e l’UTA.

1) **Circuiti primari:** sono presenti due circuiti primari; il primo collega una caldaia al collettore del caldo; da questo collettore partono due circuiti secondari tramite due pompe di circolazione gemellari per inviare l’acqua calda ai terminali di emissione della zona spogliatoi e alla batteria di riscaldamento dell’aria dell’UTA. Il secondo circuito primario collega la seconda caldaia ai terminali di emissione della scuola e cucina tramite un gruppo di pompe in parallelo.

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>(1)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(1)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(2)</sup> [Kw]
ZT-01, ZT-02	GRUNDFOS	mandata acqua calda a terminali di emissione	Non disponibile	Non disponibile	1,5
ZT-03	GRUNDFOS	mandata acqua calda a batteria di riscaldamento dell’aria dell’UTA	Non disponibile	Non disponibile	0,45 ÷ 0,72
ZT-04	GRUNDFOS	mandata acqua calda a terminali di emissione	Non disponibile	Non disponibile	0,075 ÷ 0,105
<b>TOTALE</b>			-	-	<b>2,325<sup>(3)</sup></b>

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): non è stato possibile determinare i dati della potenza e della prevalenza né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Nota (3): Valore massimo della potenza installata

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

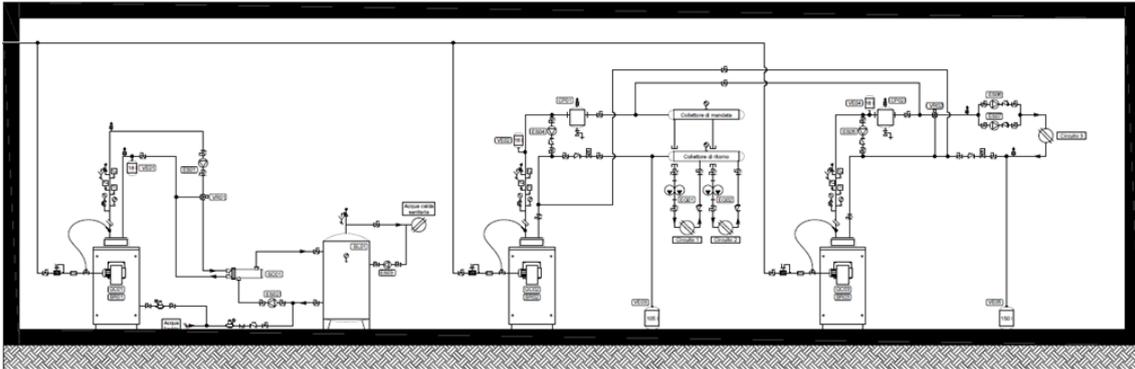
CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA <sup>(2)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(1)</sup> °C
ZT-01, ZT-02	Mandata	Caldo	Non disponibile
	Ritorno	Caldo	70
ZT-03	Mandata	Caldo	Non disponibile
			55
			70

	Ritorno	Caldo	Non disponibile	55
ZT-04	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	55

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Non è disponibile la temperatura di mandata e di ritorno dei circuiti in quanto non è stato possibile rilevarle in fase di rilievo

Figura 4.13 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 029-P00-AE-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 due caldaie standard a basamento, marca Ferroli modello PREX E160. È presente anche un impianto di trattamento dell’aria (UTA), con la batteria di riscaldamento dell’aria collegata ad un circuito secondario dell’acqua calda proveniente dalla centrale termica.

Figura 4.14 - Particolare di una delle due 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	Ferroli	PREX E160	1989	206,7	186	89%	0,07
Gen 2 Riscaldamento	Ferroli	PREX E160	1989	206,7	186	89%	0,07

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa, siccome i generatori operano in parallelo la potenza complessiva dell’impianto termico è di 372 kW

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 89%. Il rendimento indicato dalle prove fumi è del 89,7%.

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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite una caldaia standard a basamento a cui è collegata un volume d’accumulo a servizio degli spogliatoi della palestra, sono installati anche un boiler elettrico da 30 litri nei servizi igienici della scuola materna e un scalda acqua a gas metano nella cucina del primo piano.

Figura 4.15 - Particolare della caldaia (quella più a sinistra) e del volume d’accumulo



Figura 4.16 - Particolare del boiler elettrico

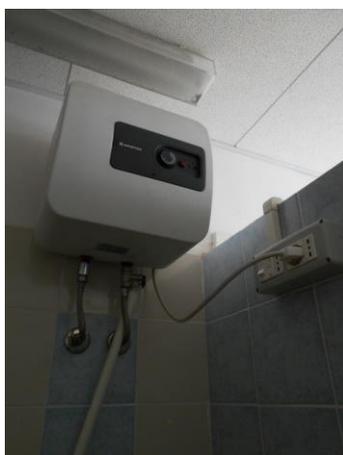


Figura 4.17 - Particolare dello scalda acqua a gas



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	Ferroli	PREX E125	1988	161,5	143,7	89%	0,06
Gen 2	Acqua calda sanitaria	Heizer	GE - 3	Non disponibile	22,9	26,7	86%	0,2

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

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>(3)</sup>	Sottosistema di Generazione <sup>(1)</sup>	Rendimento Globale medio stagionale <sup>(1)</sup>
100%	92,6%	-	-	86%	80%

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

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

Nota (3): Dato mancante in quanto non è possibile determinarlo

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

La ventilazione meccanica controllata è effettuata grazie alla presenza di un’UTA a servizio della palestra e dei locali adiacenti del primo e secondo piano.

Si è dedotta la presenza della ventilazione meccanica dalla presenza delle bocchette ad’aria calda presenti in palestra e dall’indicazione in centrale termica del circuito secondario a servizio dell’UTA ma non è stato trovato in sede di sopralluogo l’impianto; quindi non è possibile riportare l’elenco dei componenti e delle relative caratteristiche tecniche.

#### 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 ascensori, 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 scuola	PC + Monitor	8	150	1,2	1.715
Aule scuola	Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici	1	1.100	1,1	1.715
Aule scuola	Tv/Stereo	5	150	0,75	1.715
Servizi igienici scuola	Estrattore	5	300	1,5	1.715
Aule scuola	Forno a microonde	1	1.100	1,1	1.715
Aule scuola	Macchinette snack	1	1.100	1,1	1.715
Cucina	Frigorifero	2	500	1	1.715
Cucina	Estrattore	1	300	0,3	1.715
Cucina	Lavastoviglie	1	2.000	2	1.715
Cucina	Schiacciapate	1	1.000	1	1.715
Edificio	Ascensore	1	3000	3,0	2.695

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 e nei servizi igienici;
- Fari a ioduri metallici installati nella palestra.

Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei locali



Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in un corridoio

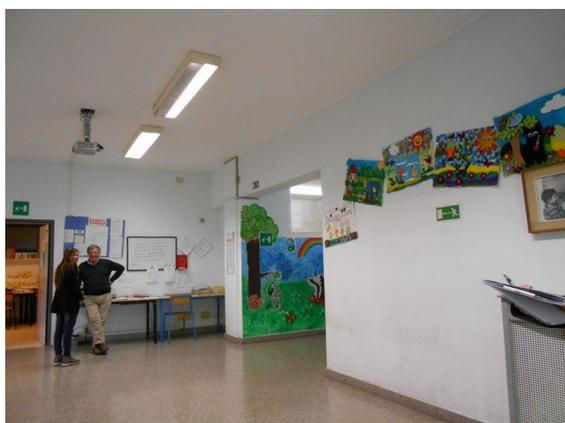
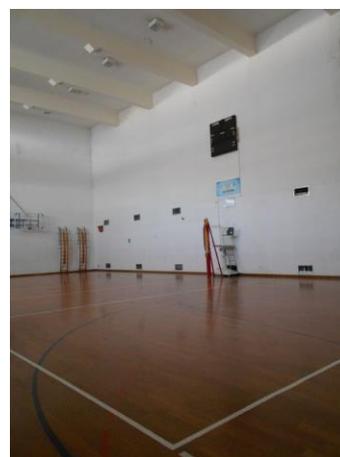


Figura 4.20 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



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]
Aule e corridoio piano seminterrato	2x58 W Tubi Fluorescenti	32	116	3,712
Servizi igienici piano seminterrato	1x58 W Tubi Fluorescenti	5	58	0,29
Servizi igienici piano semiinterrato	1x24 W Tubi Fluorescenti	9	24	0,216
Aule e corridoi piano terra	2x58 W Tubi Fluorescenti	27	116	3,132
Aule, corridoi, servizi igienici piano terra	1x58 W Tubi Fluorescenti	42	58	2,436
Servizi igienici piano terra	1x24 W Tubi Fluorescenti	10	24	0,24
Palestra piano terra	Fari a ioduri metallici	16	250	4
Aule e corridoi primo piano	3x36 W Tubi Fluorescenti	12	108	1,296
Aule primo piano	2x58 W Tubi Fluorescenti	10	116	1,16
Aule e corridoi primo piano	2x36 W Fluorescenti	13	72	0,936
Servizi igienici primo	1x58 W Tubi Fluorescenti	12	58	0,696

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
	piano			

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

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca al di sopra dell’edificio, con una potenza di picco di circa 10 kWp.

Il suddetto impianto è costituito da 48 moduli in silicio policristallino, installati con inclinazione di circa 20° e orientati verso sud. Si sottolinea che il contatore elettrico dell’edificio risulta collegato all’impianto fotovoltaico, ma non si è in grado di determinare quant’è l’energia elettrica mensile prodotta autoconsumata sul posto.

Figura 4.21 - Vista dell’impianto fotovoltaico



Tabella 4.13 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE <sup>(1)</sup>	TIPO DI MODULI <sup>(1)</sup>	POTENZA INSTALLATA <sup>(1)</sup>	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA <sup>(2)</sup>
	[mq]		[kW]		[kWh/anno]
Fotovoltaico	110	Policristallini	10	-	Non disponibile

Nota (1): Valori ipotizzati da rilievo

Nota (2): L’utenza collegata all’impianto fotovoltaico accede al meccanismo di scambio sul posto, ma sul portale e-distribuzione è disponibile solo l’energia elettrica immessa in rete mensile

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell’ Allegato J – Schede di audit.

## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [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 un contatore il quale risultano a servizio della centrale termica per il riscaldamento degli ambienti.

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 sui m<sup>3</sup> di gas metano 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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm <sup>3</sup> ]	2015 [Sm <sup>3</sup> ]	2016 [Sm <sup>3</sup> ]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270019337044	Riscaldamento, produzione acs e uso cottura	23.872	26.152	26.515	224.874	246.355	249.772

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.

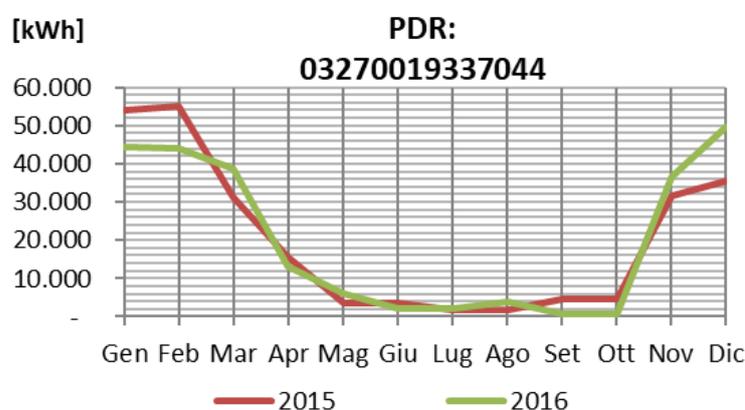
I consumi mensili fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 03270019337044	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	5.740	4.696	n.d.	54.071	44.236
Febbraio	n.d.	5.859	4.675	n.d.	55.192	44.039
Marzo	n.d.	3.311	4.120	n.d.	31.190	38.810
Aprile	n.d.	1.650	1.388	n.d.	15.543	13.075
Maggio	n.d.	390	656	n.d.	3.674	6.180
Giugno	n.d.	390	212	n.d.	3.674	1.997
Luglio	n.d.	189	239	n.d.	1.780	2.251
Agosto	n.d.	189	403	n.d.	1.780	3.796
Settembre	n.d.	473	69	n.d.	4.456	650
Ottobre	n.d.	473	71	n.d.	4.456	669
Novembre	n.d.	3.356	3.898	n.d.	31.614	36.719
Dicembre	n.d.	3.761	5.287	n.d.	35.429	49.804
<b>Totale</b>	-	<b>25.781</b>	<b>25.714</b>	-	<b>242.857</b>	<b>242.226</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 23.872 m<sup>3</sup> nel 2016, e un valore di massimo prelievo pari a 25.781 m<sup>3</sup> nel 2015. I consumi annui hanno subito prima un aumento dal 2014 al 2015 dell’8%, poi un leggerissimo calo l’anno successivo dato l’aumento dei gradi giorni invernali in questo triennio.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria e il contributo per uso mensa.

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

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

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

$\bar{Q}_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l’ACS nel triennio di riferimento. Tale consumo termico 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 all’8% rispetto al consumo complessivo.

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = 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 consumo termico è stato valutato sulla base della richiesta media mensile di metano nei mesi scolastici in cui non è attivo il servizio del riscaldamento; per cui è stato calcolato nel modello teorico di calcolo un contributo pari al 2% rispetto al consumo complessivo.

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 relativi al triennio di riferimento.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REAL</sub> SU 161 GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU 161 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 1379 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.370	1.379	21.485	202.387	147,8	203.759	17.990	4.497
2015	1.411	1.379	23.537	221.719	157,1	216.625	19.708	4.927
2016	1.463	1.379	23.864	224.795	153,6	211.853	19.982	4.995
<b>Media</b>	<b>1.415</b>	<b>1.379</b>	<b>22.962</b>	<b>216.300</b>	<b>152,8</b>	<b>210.746</b>	<b>19.227</b>	<b>4.807</b>

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento variabile dei consumi: prima sono aumentati dal 2014 al 2016, dato una continua diminuzione delle temperature esterne medie mensili; lo accade ai consumi dovuti alla produzione di acs e all’uso cottura.

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	19.227
$\bar{Q}_{ALTRO}$	4.807
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	210.746
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>234.779</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]
IT001E00097110	Scuola elementare “Ball” e scuola materna “Glicine”	38.573	42.932	47.674	43.060
<b>TOTALE</b>		<b>38.573</b>	<b>42.932</b>	<b>47.674</b>	<b>43.060</b>

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le differenze per il 2015 e per il 2016 mentre i consumi per il primo anno sono identici; nel 2015 sono stati elaborati tramite l'analisi della fatturazione 2.160 kWh in meno del dato fornito dalla PA. Maggiore è la differenza per il 2016 per cui la PA ha indicato un consumo di 3.909 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 43.060 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

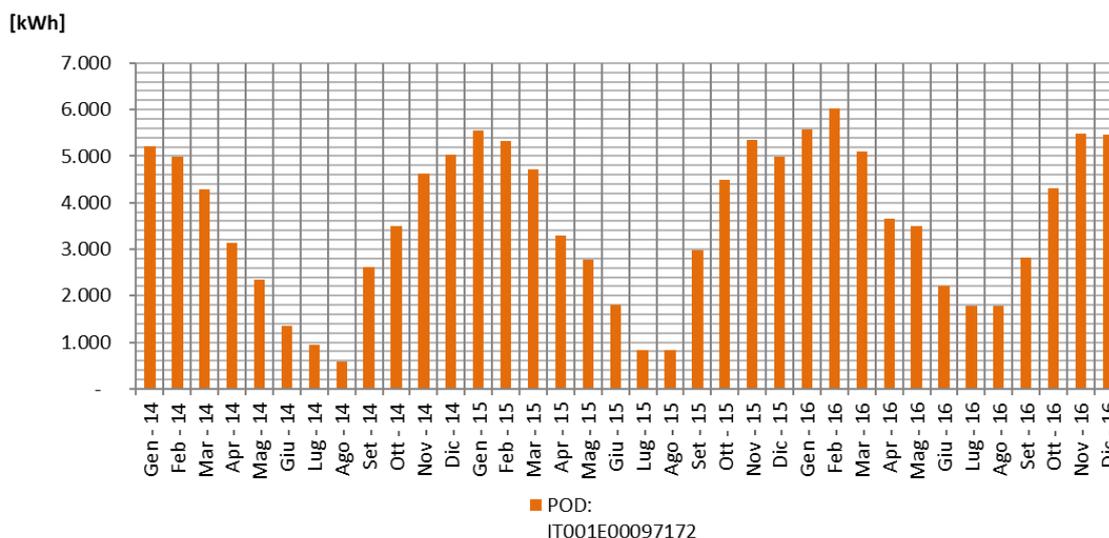
POD: IT001E00097172	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.405	1019	779	5.203
Febbraio	3.305	1063	609	4977
Marzo	2.717	944	626	4.287
Aprile	1855	672	610	3137
Maggio	1168	480	687	2335
Giugno	451	337	564	1352

## E675 – Scuola Primaria “Ball” e Scuola dell’infanzia comunale “Glicine”

POD: IT001E00097172	F1	F2	F3	TOTALE
Luglio	243	250	460	953
Agosto	43	170	359	572
Settembre	1200	826	596	2622
Ottobre	2036	882	580	3498
Novembre	2682	1007	927	4616
Dicembre	2895	1102	1024	5021
<b>Totale</b>	<b>22.000</b>	<b>8.752</b>	<b>7.821</b>	<b>38.573</b>
POD: IT001E00097172	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.255	1287	1012	5.554
Febbraio	3.005	1178	1139	5322
Marzo	2.807	1057	858	4.722
Aprile	1665	826	812	3303
Maggio	1302	677	795	2774
Giugno	751	505	557	1813
Luglio	56	309	465	830
Agosto	66	268	495	829
Settembre	1424	942	599	2965
Ottobre	2717	1039	737	4493
Novembre	3456	1110	778	5344
Dicembre	2951	1049	983	4983
<b>Totale</b>	<b>23.455</b>	<b>10.247</b>	<b>9.230</b>	<b>42.932</b>
POD: IT001E00097172	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.267	1249	1046	5.562
Febbraio	3.566	1305	1159	6030
Marzo	2.822	1195	1084	5.101
Aprile	1801	924	922	3647
Maggio	1992	748	749	3489
Giugno	1003	555	659	2217
Luglio	202	636	934	1772
Agosto	271	618	887	1776
Settembre	1265	927	634	2826
Ottobre	2382	1132	799	4313
Novembre	3312	1287	874	5473
Dicembre	2954	1329	1185	5468
<b>Totale</b>	<b>24.837</b>	<b>11.905</b>	<b>10.932</b>	<b>47.674</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



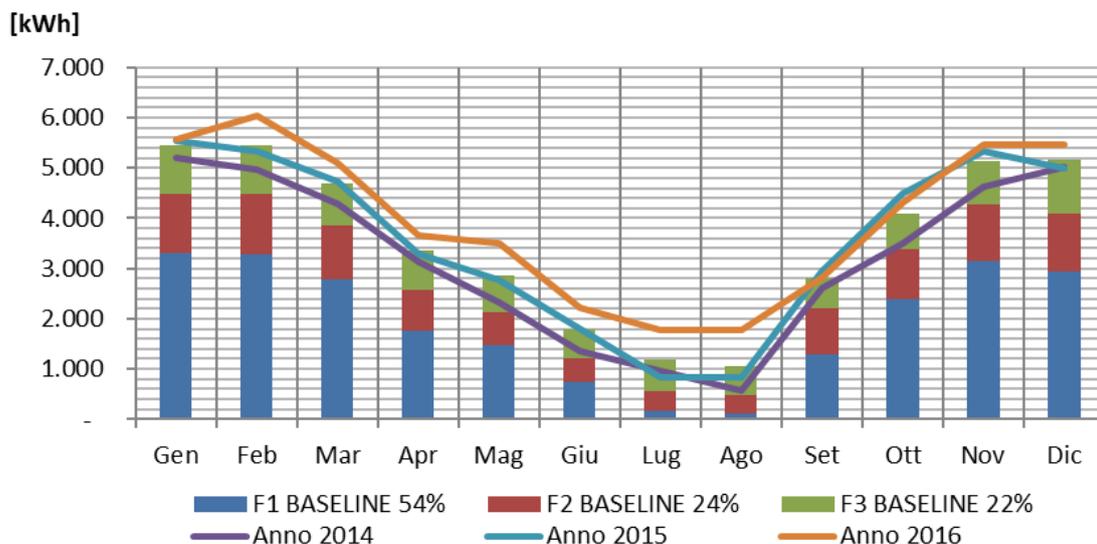
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.309	1.185	946	5.440
Febbraio	3.292	1.182	969	5.443
Marzo	2.782	1.065	856	4.703
Aprile	1.774	807	781	3.362
Maggio	1.487	635	744	2.866
Giugno	735	466	593	1.794
Luglio	167	398	620	1.185
Agosto	127	352	580	1.059
Settembre	1.296	898	610	2.804
Ottobre	2.378	1.018	705	4.101
Novembre	3.150	1.135	860	5.144
Dicembre	2.933	1.160	1.064	5.157
<b>Totale</b>	<b>23.431</b>	<b>10.301</b>	<b>9.328</b>	<b>43.060</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



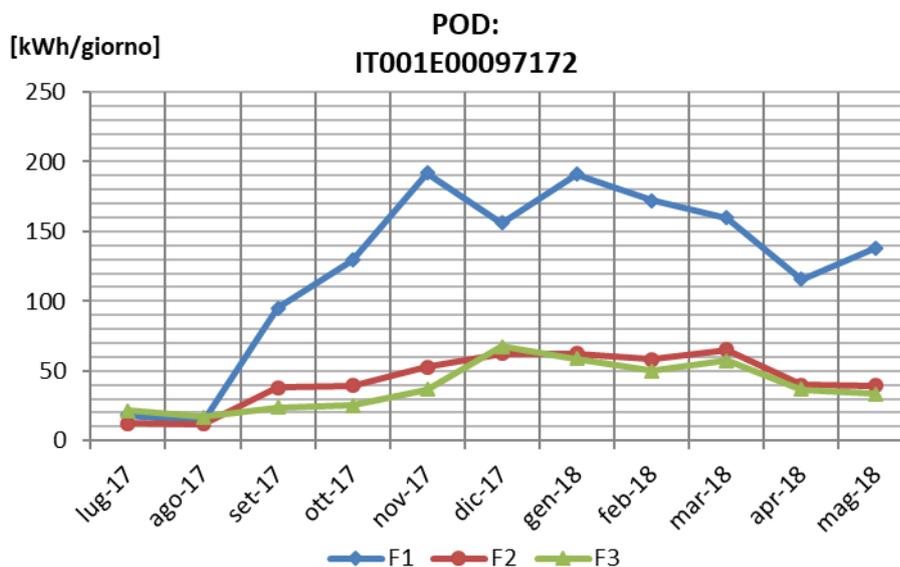
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Maggio compresi rispetto ai mesi estivi, con il picco di utilizzo tra Gennaio e Febbraio. Nel mese di Agosto è stato rilevato un consumo visto l’utilizzo dell’edificio per 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 Giugno perché al momento di realizzazione della diagnosi sono risultate disponibili le letture dal 30 Giugno 2017 al 31 Maggio 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 IT001E00097172



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 hanno un leggero aumento nei mesi invernali i consumi in fascia F3 rimangono pressochè costanti.

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>.

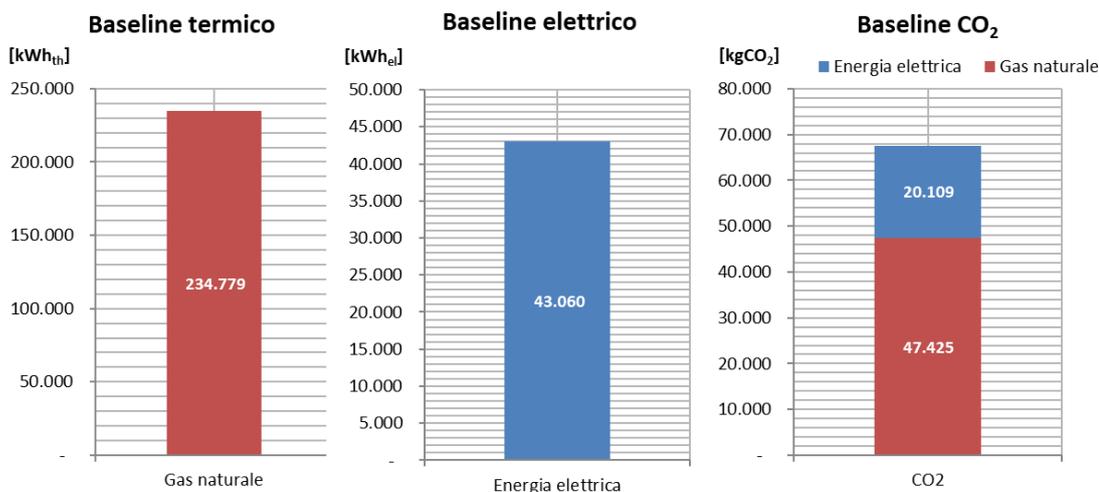
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE tCO <sub>2</sub> /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

\* 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	43.060	* 0,467	8,05
Gas naturale	234.779	* 0,202	21,05

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	2.244,44	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.321,52	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	11.650,29	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	43.060	2,42	104.204	46,43	44,89	8,94	8,96	8,66	1,73
Gas naturale	234.779	1,05	246.518	109,83	106,19	21,16	21,13	20,43	4,07
<b>TOTALE</b>	<b>277.839</b>	<b>3,47</b>	<b>350.722</b>	<b>156,26</b>	<b>151,07</b>	<b>30,10</b>	<b>30,09</b>	<b>29,09</b>	<b>5,80</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	43.060	1,95	83.966	37,41	36,17	7,21	8,96	8,66	1,73
Gas naturale	234.779	1,05	246.518	109,83	106,19	21,16	21,13	20,43	4,07
<b>TOTALE</b>	<b>277.839</b>	<b>3,00</b>	<b>330.484</b>	<b>147,25</b>	<b>142,36</b>	<b>28,37</b>	<b>30,09</b>	<b>29,09</b>	<b>5,80</b>

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO2 valutati in funzione della superficie utile riscaldata

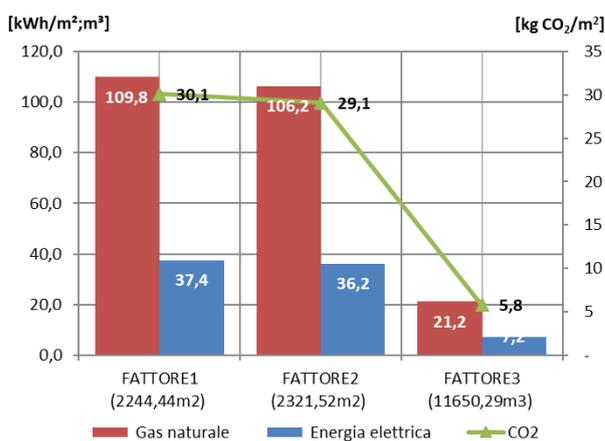
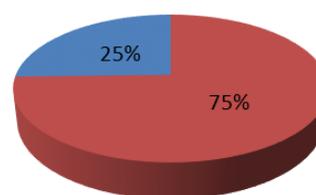
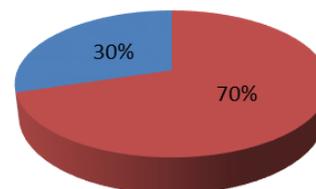


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO2

Ripartizione % energia primaria

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

■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo\_annuo\_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

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

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

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

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo\_energia\_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.15 – 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	10,27	10,92	10,68	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	16,62	18,49	20,54

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 / 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 per tutto il triennio mantenendosi ad un livello pressochè costante sia per la scuola elementare sia per la scuola materna. Per quanto riguarda il consumo specifico per l’energia elettrica invece la classe è insufficiente per tutto il triennio peggiorando dal 2014 al 2016. Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono già sufficientemente bassi, mentre sono aumentati sensibilmente i consumi elettrici.

## 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	243,1	239,5
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	185,9	184,7
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	14,2	14,0
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0,0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	4,6	3,7
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	36,7	35,8
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,6	1,3
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	49,9	49,9

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	426.575	447.904
Energia Elettrica	55.342	107.917

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	146,7	138,3
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	101,8	100,6
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	9,8	9,6
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	4,6	3,7

Illuminazione artificiale <sup>(1)</sup>	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	28,9	23,1
Trasporto di persone e cose <sup>(1)</sup>	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,6	1,3
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	kg/mq anno	30,1	30,1

Nota (1): Gli indicatori EP<sub>L</sub> e EP<sub>T</sub> riguardano solo una parte dei consumi elettrici complessivi dell’edificio, i quali sono dati anche dall’energia elettrica usata per il servizio di riscaldamento, per la produzione di acqua calda sanitaria e per il funzionamento delle altre utenze elettriche installate.

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	25.005	231.808
Energia Elettrica	-	44.159

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>	Q <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
231.808	234.779	1,3

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>	EE <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
44.159	43.060	-2,6%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

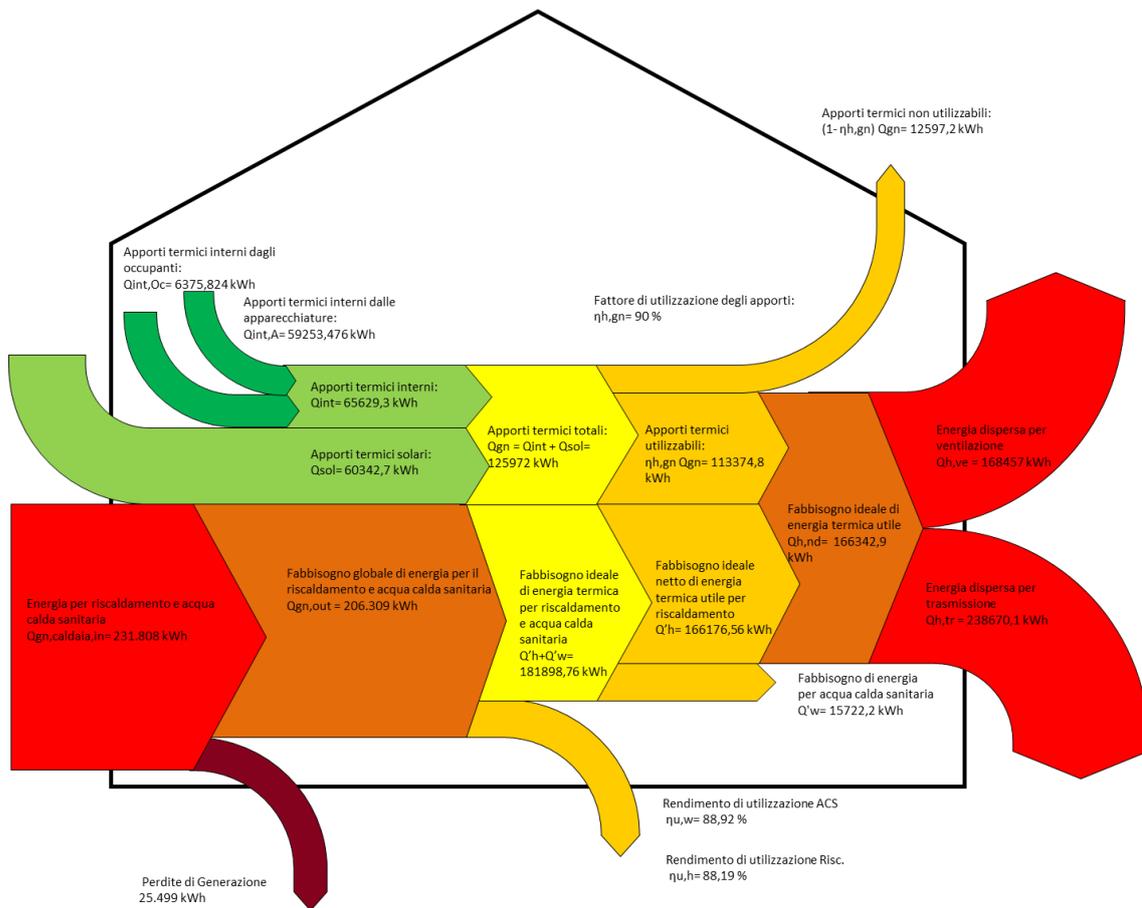
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

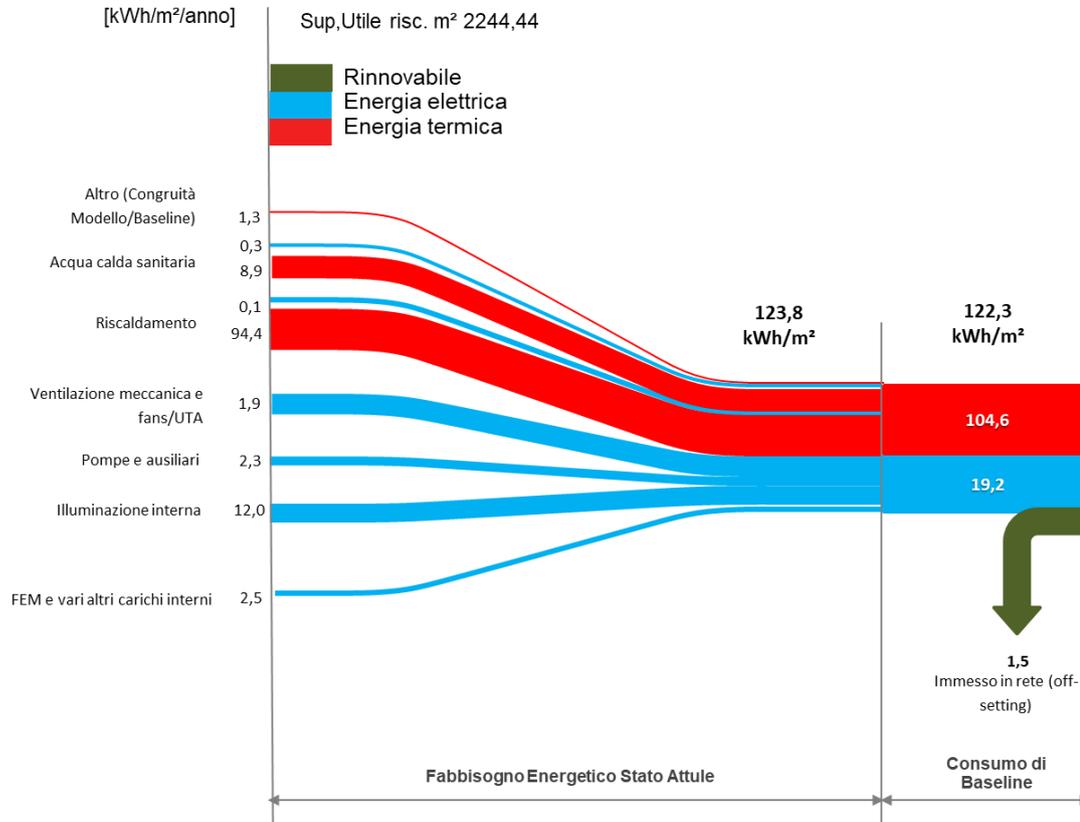
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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 90% 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 – Congruit ”   valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline.

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

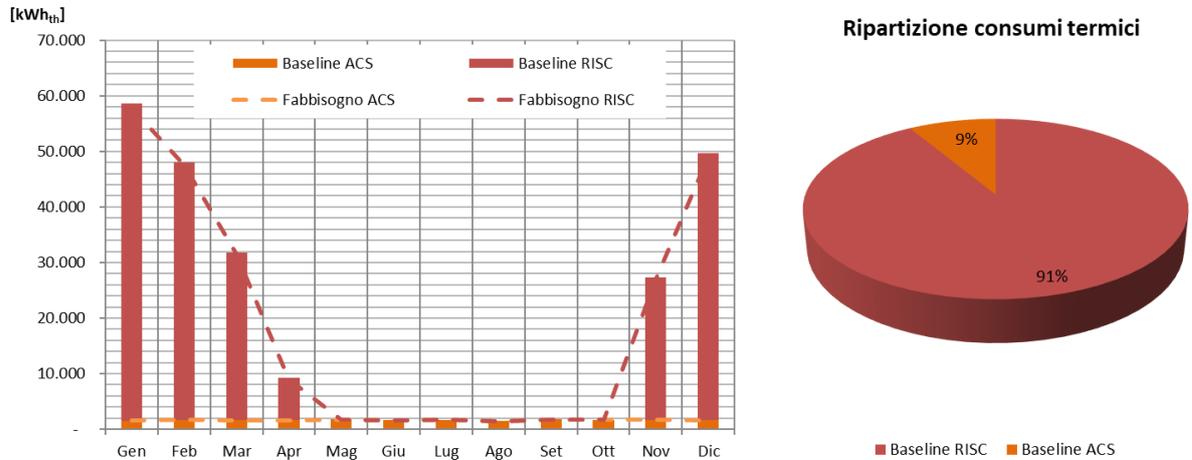
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare che i consumi termici siano da attribuirsi principalmente 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 a cui segue il consumo utenze elettriche installate all’interno dell’edificio e per le pompe e ausiliari.

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 un contratto per un PDR presente all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- PDR – 03270019337044: 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: 03270019337044	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Salita Costa dei Ratti 6/A, 16144 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): 20/10/1989 (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): Classe generica (2): G004	(2): G004 (3): non disponibile
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	1
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): 38,97 MJ/Sm <sup>3</sup>
Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(*)</sup> (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1): 0,42 €/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: 03270019337044	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	2.459	24	830	1.173	946	5.433	54.071	0,100
Feb - 15	2.510	24	724	1.243	990	5.491	55.192	0,099
Mar - 15	1.419	24	409	703	562	3.116	31.190	0,100
Apr - 15	462	4	156	307	204	1.132	15.543	0,073
Mag - 15	109	4	40	73	50	275	3.674	0,075
Giu - 15	109	4	37	83	51	284	3.674	0,077
Lug - 15	51	-	18	40	24	133	1.780	0,075
Ago - 15	51	-	18	40	24	133	1.780	0,075
Set - 15	127	4	38	100	59	327	4.456	0,073
Ott - 15	152	4	49	100	67	373	4.456	0,084
Nov - 15	1.080	4	349	711	472	2.615	31.614	0,083
Dic - 15	992	4	391	797	480	2.664	35.429	0,075
<b>Totale</b>	<b>9.519</b>	<b>98</b>	<b>3.060</b>	<b>5.369</b>	<b>3.929</b>	<b>21.976</b>	<b>242.857</b>	<b>0,090</b>
PDR: 03270019337044	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 16	1.157	4	603	956	566	3.285	44.236	0,074
Feb - 16	1.151	4	494	990	581	3.220	44.039	0,073
Mar - 16	1.015	4	429	873	510	2.830	38.810	0,073
Apr - 16	272	27	139	294	161	892	13.075	0,068
Mag - 16	128	27	66	139	79	438	6.180	0,071
Giu - 16	41	27	21	45	30	164	1.997	0,082
Lug - 16	49	27	24	51	33	184	2.251	0,082
Ago - 16	83	27	41	85	52	289	3.796	0,076
Set - 16	14	27	7	15	14	76	650	0,117
Ott - 16	16	27	7	15	14	79	669	0,118
Nov - 16	875	27	375	826	462	2.565	36.719	0,070
Dic - 16	1.187	27	508	1.120	625	3.467	49.804	0,070
<b>Totale</b>	<b>5.988</b>	<b>252</b>	<b>2.713</b>	<b>5.408</b>	<b>3.128</b>	<b>17.488</b>	<b>242.226</b>	<b>0,072</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).

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

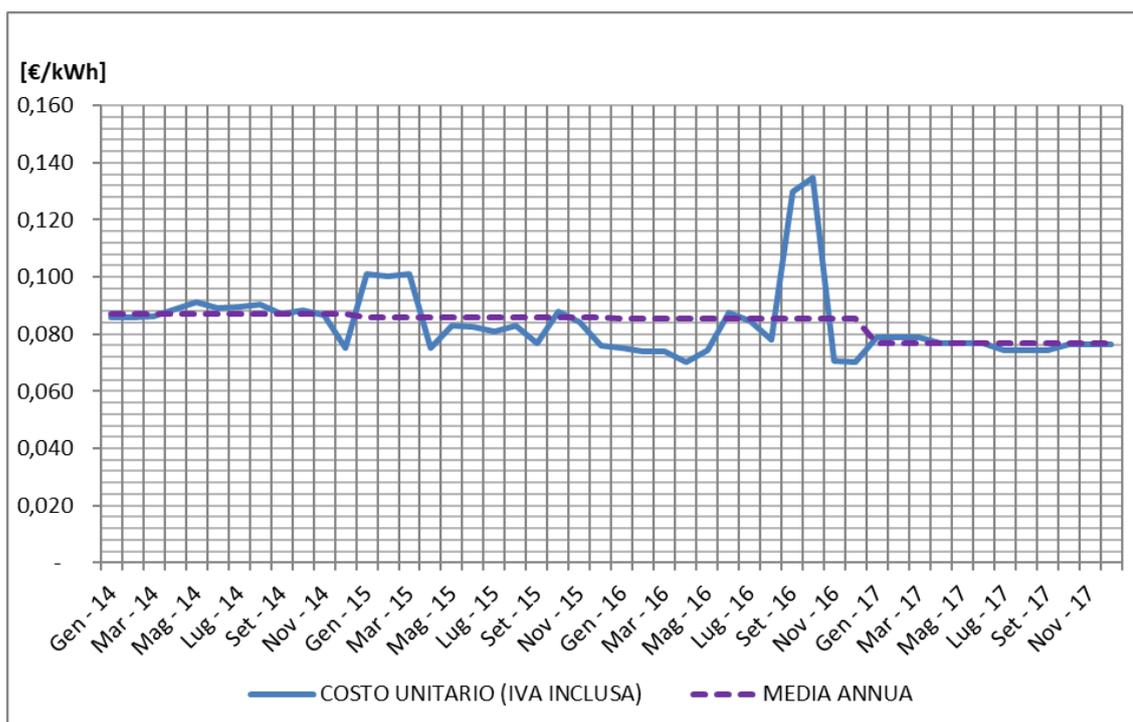
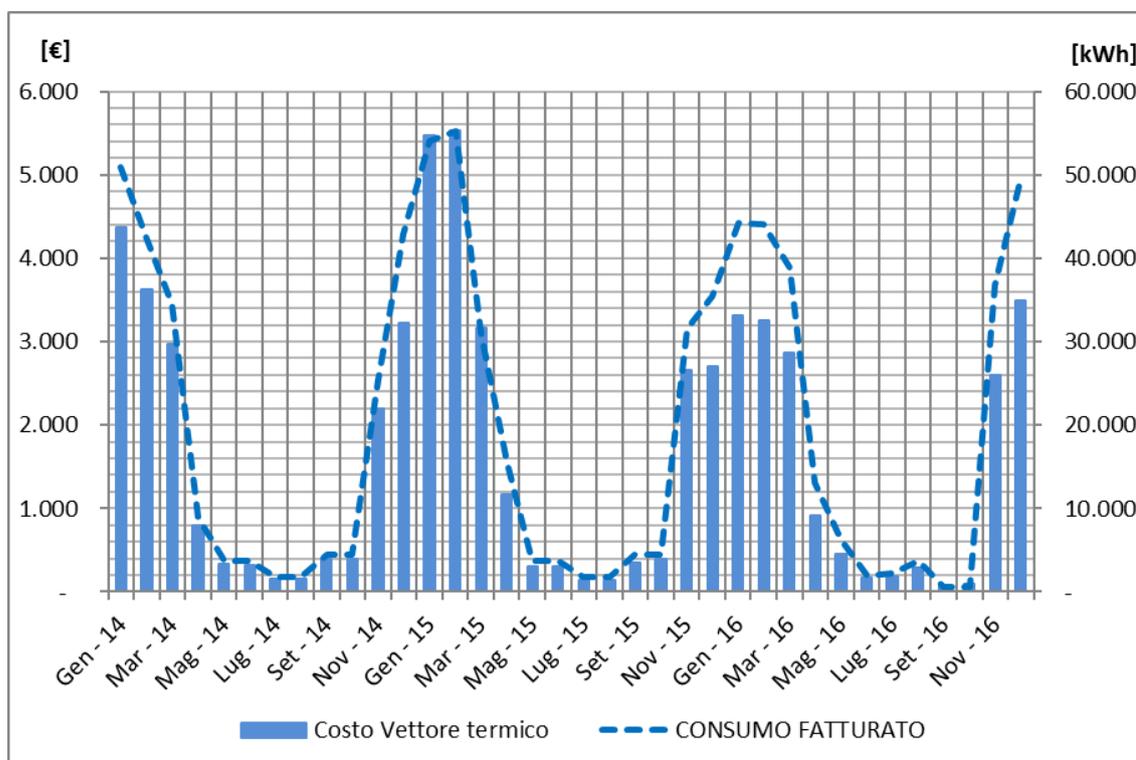


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta un andamento dei costi praticamente costanti con dei picchi relativi dei costi unitari tra Gennaio e Marzo 2015 e tra Settembre e Novembre 2016. Ciò accade per continua ad esserci richiesta di gas naturale anche nei mesi in cui non è attivo il riscaldamento per la produzione di acs e per uso cottura. In termini di costi del vettore termico però chiaramente questi si abbassano notevolmente nei mesi estivi del 2016 rispetto a quelli invernali.

## Vettore elettrico

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

- POD – IT001E00097172: 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: IT001E00097172	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Salita Costa dei Ratti 6, 16144 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	33 kW	33 kW	33 kW
Potenza elettrica disponibile	33 kW	33 kW	33 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): 0,043	(2): 0,045 (3): 0,050

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: IT001E00097172	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	407	67	477	65	102	1.118	5.203	0,215
Feb – 14	392	64	465	62	98	1.082	4.977	0,217
Mar – 14	335	57	412	54	86	942	4.287	0,220
Apr – 14	241	54	334	39	67	736	3.137	0,234
Mag – 14	174	40	250	29	49	543	2.335	0,232
Giu – 14	96	24	163	17	30	330	1.352	0,244
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	233	953	0,244
Ago – 14	38	9	73	7	13	140	572	0,245
Set – 14	197	42	265	33	54	590	2.622	0,225
Ott – 14	267	51	338	44	70	770	3.498	0,220
Nov – 14	345	68	445	58	92	1.007	4.616	0,218
Dic – 14	367	74	485	63	99	1.087	5.021	0,216

<b>Totale</b>	<b>2.858</b>	<b>550</b>	<b>3.707</b>	<b>470</b>	<b>758</b>	<b>8.576</b>	<b>38.573</b>	<b>0,222</b>
POD: IT001E00097172	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	393	73	514	69	105	1.156	5.554	0,208
Feb – 15	355	70	496	67	99	1.087	5.322	0,204
Mar – 15	306	62	454	59	88	970	4.722	0,205
Apr – 15	150	41	343	41	58	633	3.303	0,192
Mag – 15	123	35	281	35	47	520	2.774	0,187
Giu – 15	77	23	203	23	33	358	1.813	0,197
Lug – 15	37	9	109	10	17	182	830	0,219
Ago – 15	36	9	107	10	16	180	829	0,217
Set – 15	103	32	304	37	48	524	2.965	0,177
Ott – 15	150	40	452	56	70	767	4.493	0,171
Nov – 15	181	47	525	67	82	902	5.344	0,169
Dic – 15	338	44	506	62	95	1.045	4.983	0,210
<b>Totale</b>	<b>2.251</b>	<b>486</b>	<b>4.294</b>	<b>537</b>	<b>757</b>	<b>8.323</b>	<b>42.932</b>	<b>0,194</b>
POD: IT001E00097172	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	320	63	512	70	96	1.061	5.562	0,191
Feb – 16	265	69	549	75	96	1.053	6.030	0,175
Mar – 16	208	58	478	64	81	888	5.101	0,174
Apr – 16	136	59	383	46	62	685	3.647	0,188
Mag – 16	142	56	370	44	61	672	3.489	0,193
Giu – 16	95	36	271	28	43	472	2.217	0,213
Lug – 16	84	37	236	22	38	418	1.772	0,236
Ago – 16	75	37	237	22	37	409	1.776	0,230
Set – 16	145	59	319	35	56	614	2.826	0,217
Ott – 16	279	67	436	54	84	920	4.313	0,213
Nov – 16	402	79	527	68	108	1.185	5.473	0,216
Dic – 16	366	90	528	68	105	1.158	5.468	0,212
<b>Totale</b>	<b>2.517</b>	<b>711</b>	<b>4.845</b>	<b>596</b>	<b>867</b>	<b>9.535</b>	<b>47.674</b>	<b>0,200</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

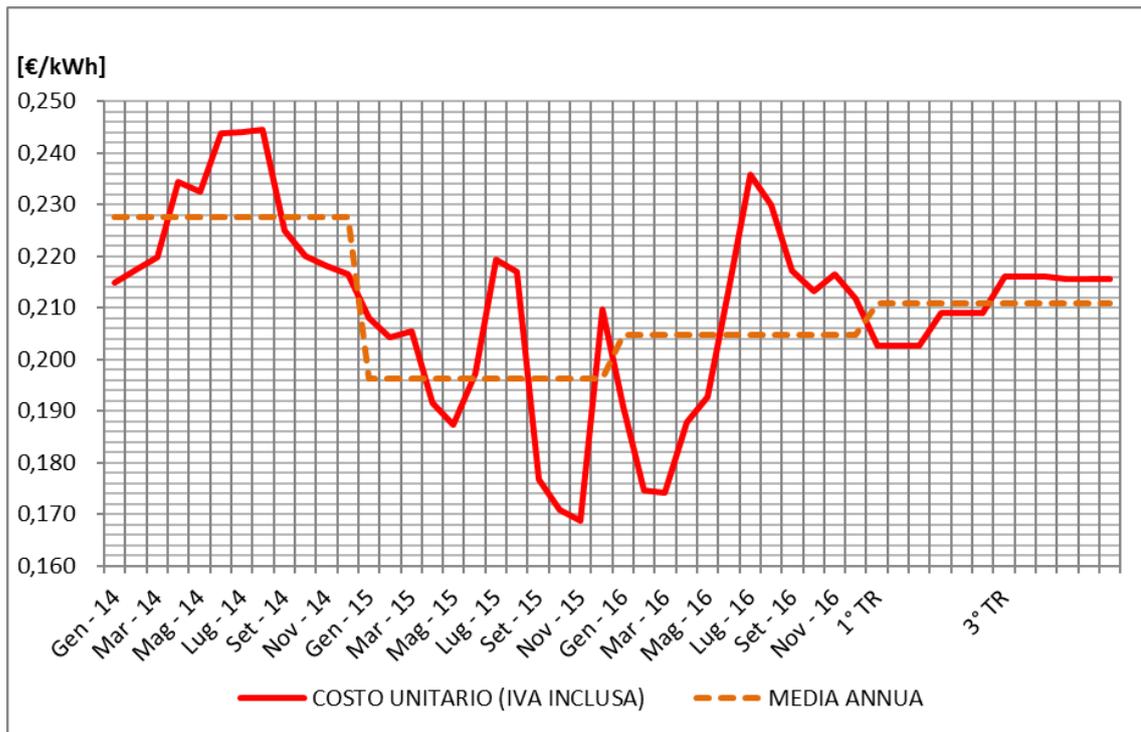
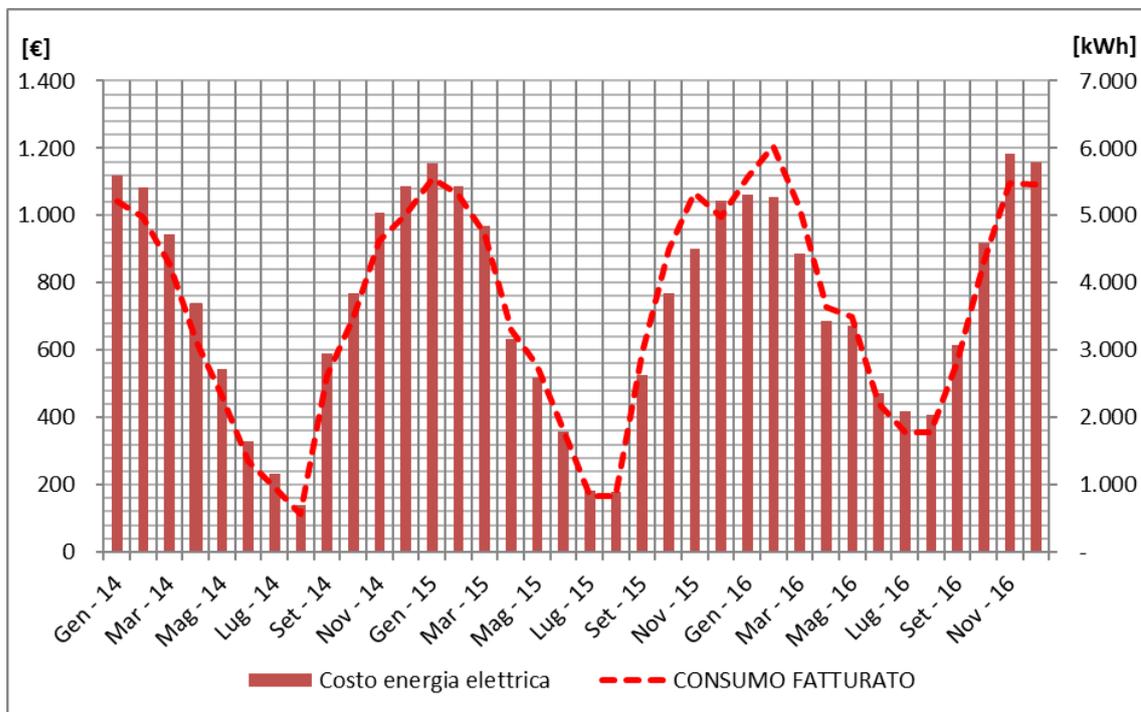


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori più bassi durante il periodo estivo; anche il costo unitario presenta un andamento sinusoidale con valori più alti nel 2014 rispetto agli anni successivi.

## 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	224.874	18.641,67	0,083	38.573	8.575,87	0,22	27.217,54
2015	242.857	21.975,61	0,090	42.932	8.323,49	0,19	30.299,10
2016	242.226	17.488,32	0,072	47.674	9.535,41	0,20	27.023,73
<b>Media</b>	<b>236.652</b>	<b>19.368,54</b>	<b>0,082</b>	<b>43.060</b>	<b>8.811,59</b>	<b>0,21</b>	<b>28.180,13</b>

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>	0,078 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C <sub>uEE</sub>	0,210 [€/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:

- L1-042-228: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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 non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C<sub>M</sub> è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C<sub>SIE3</sub>) come fornito all’interno del file kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C<sub>MO</sub>) e in una quota straordinaria (C<sub>MS</sub>) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

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> 5.278,58	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 586,51	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

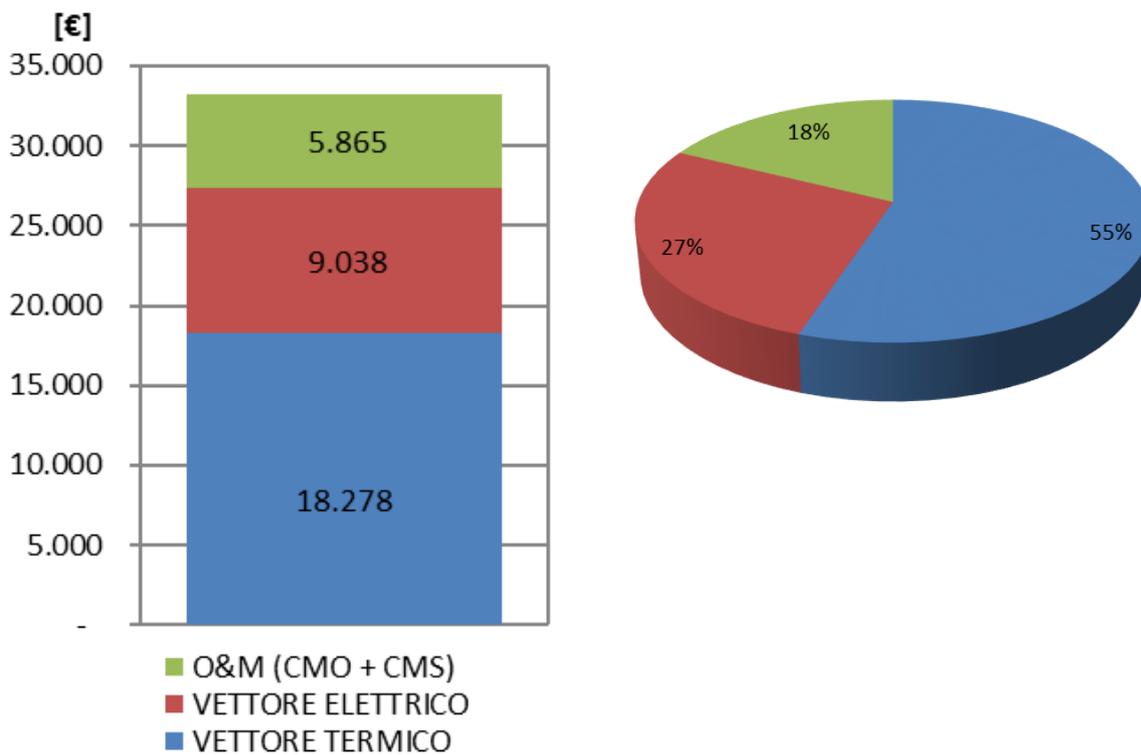
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C<sub>E</sub> pari a 27.315,68 € e un C<sub>baseline</sub> pari a 33.181,27 €

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>	Cu <sub>Q</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Cu <sub>EE</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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
234.779	0,078	18.278	43.060	0,210	9.038	5.865	5.279	587	33.181

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 delle pareti esterne



###### **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 mattoni forati con telaio in calcestruzzo, di spessore variabile compreso tra 15 cm e 60 cm, ha un valore di trasmittanza medio stimato a ca. 1,50 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

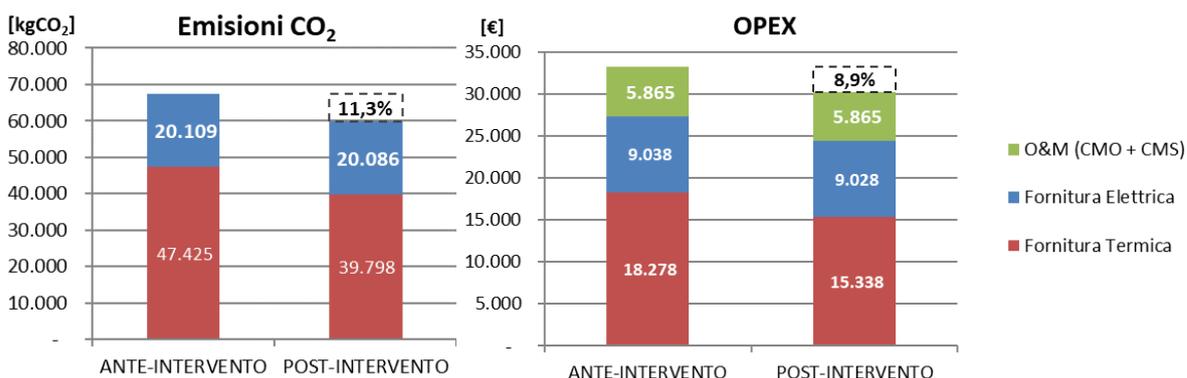
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza parete	W/m <sup>2</sup> K	1,5	0,26	<b>82,7%</b>
Q <sub>teorico</sub>	kWh	231.808	194.526	<b>16,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	kWh	44.159	44.108	<b>0,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	kWh	234.779	197.019	<b>16,1%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	kWh	43.060	43.010	<b>0,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	47.425	39.798	<b>16,1%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	20.109	20.086	0,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>67.534</b>	<b>59.884</b>	<b>11,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	€	18.278	15.338	16,1%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	€	9.038	9.028	0,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>€</b>	<b>27.316</b>	<b>24.366</b>	<b>10,8%</b>
C <sub>MO</sub>	€	5.279	5.279	0,0%
C <sub>MS</sub>	€	587	587	0,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>€</b>	<b>5.865</b>	<b>5.865</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>33.181</b>	<b>30.231</b>	<b>8,9%</b>
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/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



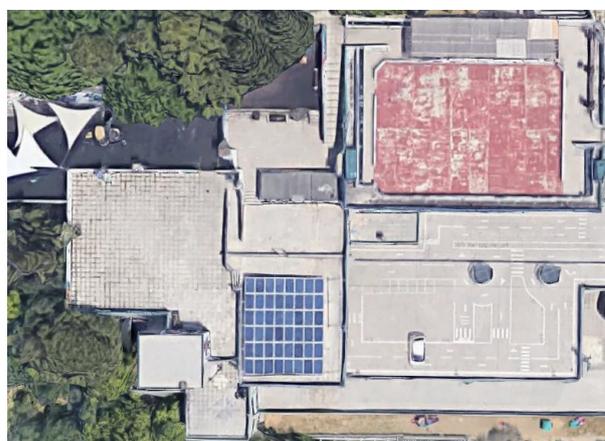
### EEM2: Isolamento della copertura

#### 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 e la presenza dell’impianto fotovoltaico installato sulla copertura dell’ultimo piano.

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 con l’impianto fotovoltaico



### 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. Si ipotizza di isolare tutta la copertura dell’edificio ad eccezione della copertura che costituisce il manto stradale sopra i locali del piano seminterrato e del piano terra; quindi si considera di isolare la restante copertura terrazzata a livello del piano terra e del primo piano e la copertura della palestra; principalmente i materiali utilizzati sono blocchi di laterizio più calcestruzzo e materiale impermeabile. Si esclude anche di isolare la copertura sulla centrale termica. La copertura da isolare ha uno spessore di 30 cm con un valore di trasmittanza stimato a ca. 1,05 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.

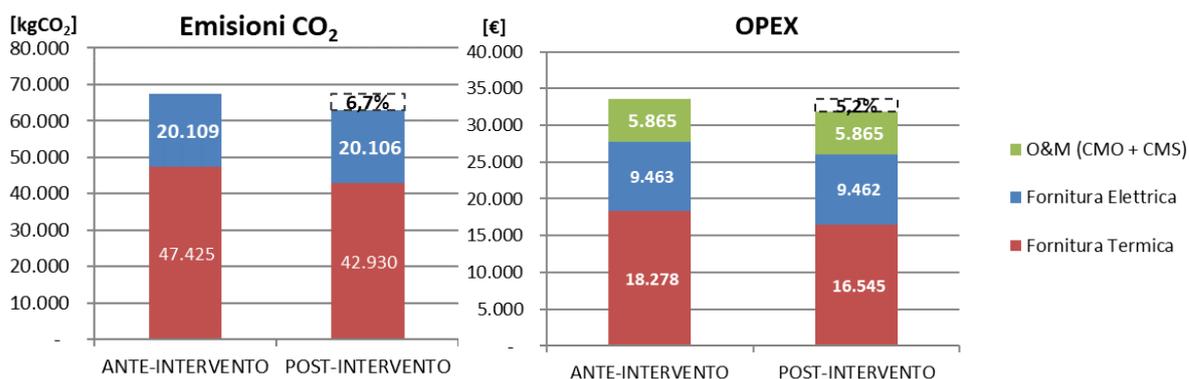
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/m <sup>2</sup> K	1,05	0,22	<b>79,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	kWh	231.808	209.837	<b>9,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	kWh	44.159	44.153	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	kWh	234.779	212.527	<b>9,5%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	kWh	43.060	43.054	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	47.425	42.930	<b>9,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	20.109	20.106	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>67.534</b>	<b>63.037</b>	<b>6,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	€	18.278	16.545	<b>9,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	€	9.038	9.037	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>€</b>	<b>27.316</b>	<b>25.582</b>	<b>6,3%</b>
C <sub>MO</sub>	€	5.279	5.279	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	€	587	587	<b>0,0%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>€</b>	<b>5.865</b>	<b>5.865</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>33.181</b>	<b>31.447</b>	<b>5,2%</b>
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/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 prevalentemente un telaio in metallo senza taglio termico e vetro doppio 4-6-4. Sono presenti anche porte finestre in metallo e vetro doppio.

Si esclude di isolare gli infissi di locali non riscaldati. Gli infissi hanno una trasmittanza media stimata pari a ca. 4,0 W/m<sup>2</sup>K. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,35 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

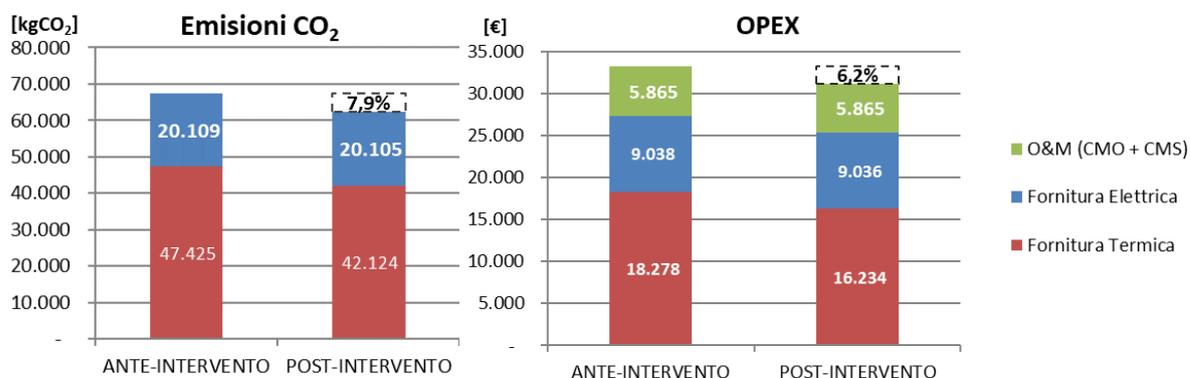
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	W/m <sup>2</sup> K	4	1,35	<b>66,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	kWh	231.808	205.895	<b>11,2%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EE <sub>teorico</sub>	kWh	44.159	44.151	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	kWh	234.779	208.534	11,2%
EE <sub>Baseline</sub>	kWh	43.060	43.051	0,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	47.425	42.124	11,2%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	20.109	20.105	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>67.534</b>	<b>62.229</b>	<b>7,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	€	18.278	16.234	11,2%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	€	9.038	9.036	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>€</b>	<b>27.316</b>	<b>25.271</b>	<b>7,5%</b>
C <sub>MO</sub>	€	5.279	5.279	0,0%
C <sub>MS</sub>	€	587	587	0,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>€</b>	<b>5.865</b>	<b>5.865</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>33.181</b>	<b>31.136</b>	<b>6,2%</b>
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/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 per il riscaldamento e per l’acqua calda sanitaria installati in centrale termica 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 due caldaie standard a basamento usate con rendimento pari al 90% 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 98%, 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

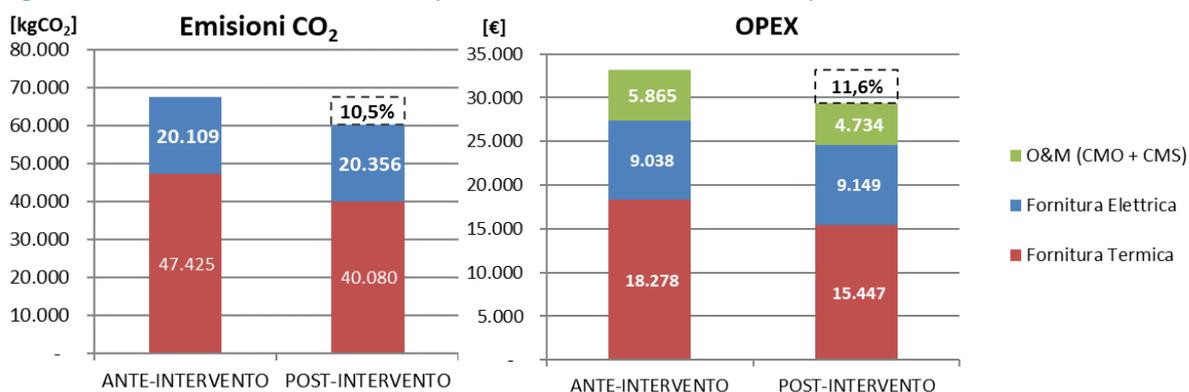
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

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	%	89	102	<b>14,6%</b>
$Q_{teorico}$	kWh	231.808	195.904	<b>15,5%</b>
$EE_{teorico}$	kWh	44.159	44.702	<b>-1,2%</b>
$Q_{baseline}$	kWh	234.779	198.415	<b>15,5%</b>
$EE_{Baseline}$	kWh	43.060	43.589	<b>-1,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	47.425	40.080	<b>15,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	20.109	20.356	<b>-1,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>67.534</b>	<b>60.436</b>	<b>10,5%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	€	18.278	15.447	<b>15,5%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	€	9.038	9.149	<b>-1,2%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>€</b>	<b>27.316</b>	<b>24.596</b>	<b>10,0%</b>
$C_{MO}$	€	5.279	4.260	<b>19,3%</b>
$C_{MS}$	€	587	473	<b>19,3%</b>
<b>O&amp;M (<math>C_{MO} + C_{MS}</math>)</b>	<b>€</b>	<b>5.865</b>	<b>4.734</b>	<b>19,3%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>33.181</b>	<b>29.329</b>	<b>11,6%</b>
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## **EEM5: Sostituzione dei generatori di calore e installazione di una pompa di calore e delle valvole termostatiche**

### **Generalità**

La misura prevede la sostituzione dei due generatori di calore per il riscaldamento installati in centrale termica e l’installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione. Si prevede di sostituire i due generatori con una nuova caldaia a condensazione e una pompa di calore a supporto. 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 8.10 - Particolare dei generatori di calore



### **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 due caldaie standard a basamento usate con rendimento pari al 90% 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.

La nuova tipologia di impianto termico prevede la l’installazione di una caldaia a condensazione mentre la seconda caldaia viene sostituita da una pompa di calore ad alta efficienza e contestuale installazione di circolatori ad inverter di classe “A”. Inoltre si prevede di installare valvole termostatiche su ciascun terminale di emissione in modo da ottimizzare ulteriormente il sistema di regolazione. In questo modo la nuova tipologia di impianto termico costituito dalla caldaia ha una potenza utile maggiore del doppio della potenza termica della pompa di calore e rendimento termico utile pari al 102%, mentre la nuova pompa di calore ha il COP minimo per accedere agli incentivi previsti da conto termico in caso di produzione di energia termica ibrida caldaia e pompa di calore.

### **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 EEM5 sono riportati nella tabella 8.5.

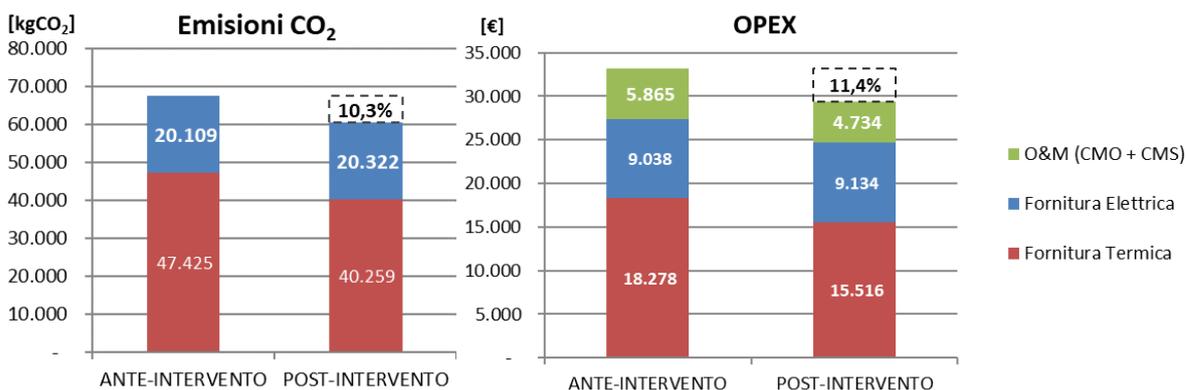
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione di una pompa di calore e di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
Rendimento generazione di calore	%	89	104	<b>16,9%</b>
$Q_{teorico}$	kWh	231.808	196.779	<b>15,1%</b>
$EE_{teorico}$	kWh	44.159	44.627	<b>-1,1%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
Q <sub>baseline</sub>	kWh	234.779	199.302	<b>15,1%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	kWh	43.060	43.516	<b>-1,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	47.425	40.259	<b>15,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	20.109	20.322	<b>-1,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>67.534</b>	<b>60.581</b>	<b>10,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	€	18.278	15.516	<b>15,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	€	9.038	9.134	<b>-1,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>€</b>	<b>27.316</b>	<b>24.649</b>	<b>9,8%</b>
C <sub>MO</sub>	€	5.279	4.260	<b>19,3%</b>
C <sub>MS</sub>	€	587	473	<b>19,3%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>€</b>	<b>5.865</b>	<b>4.734</b>	<b>19,3%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>33.181</b>	<b>29.383</b>	<b>11,4%</b>
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/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



### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

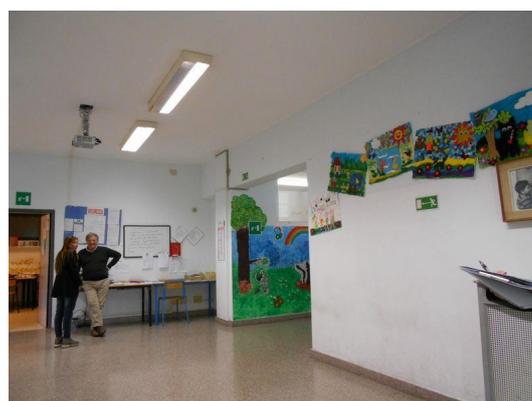
#### EEM6: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

##### 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 8.12 - 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; a queste si aggiungono fari a ioduri metallici nella palestra.

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.

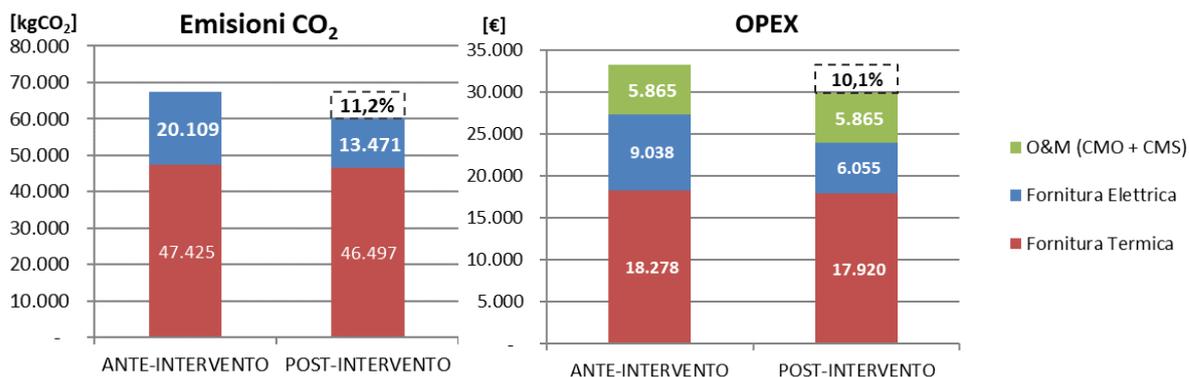
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM5 sono riportati nella tabella 8.6.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6 – 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	18.114	8.518	<b>53,0%</b>
$Q_{teorico}$	kWh	231.808	227.271	<b>2,0%</b>
$EE_{teorico}$	kWh	44.159	29.583	<b>33,0%</b>
$Q_{baseline}$	kWh	234.779	230.184	<b>2,0%</b>
$EE_{Baseline}$	kWh	43.060	28.846	<b>33,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	47.425	46.497	<b>2,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	20.109	13.471	<b>33,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>67.534</b>	<b>59.968</b>	<b>11,2%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	€	18.278	17.920	<b>2,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	€	9.038	6.055	<b>33,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>€</b>	<b>27.316</b>	<b>23.975</b>	<b>12,2%</b>
$C_{MO}$	€	5.279	5.279	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	€	587	587	<b>0,0%</b>
<b>O&amp;M (<math>C_{MO} + C_{MS}</math>)</b>	<b>€</b>	<b>5.865</b>	<b>5.865</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>33.181</b>	<b>29.840</b>	<b>10,1%</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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



#### 8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

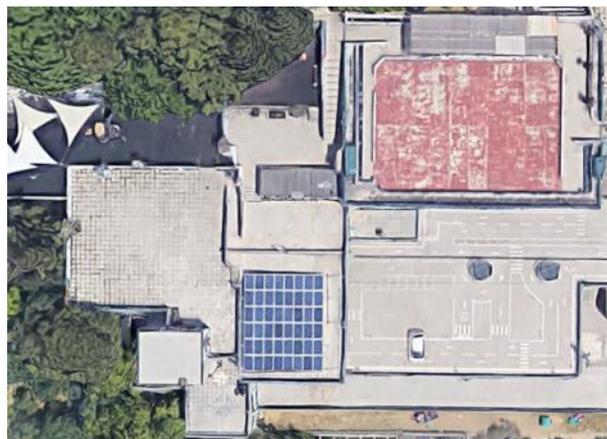
##### EEM7: Installazione di un impianto fotovoltaico

###### Generalità

La misura prevede l’installazione di un impianto sulla copertura piana della palestra, la quale offre una superficie di circa 190 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 22 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 8.14 - Particolare della copertura dove installare l’impianto



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 54% corrispondenti a 23.431 kWh/anno. Si considera di sfruttare anche l’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico già installato con una potenza di picco di circa 10 kWp. Combinando i due impianti, per una potenza totale installata di 32 kWp, verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 40.310 kWh/anno, di vengono autoconsumati sul posto circa 18.886 kWh/anno, in grado di coprire circa l’81% del consumo in F1. Si considera che l’energia elettrica autoconsumata non supera 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 EEM7 sono riportati nella tabella 8.5.

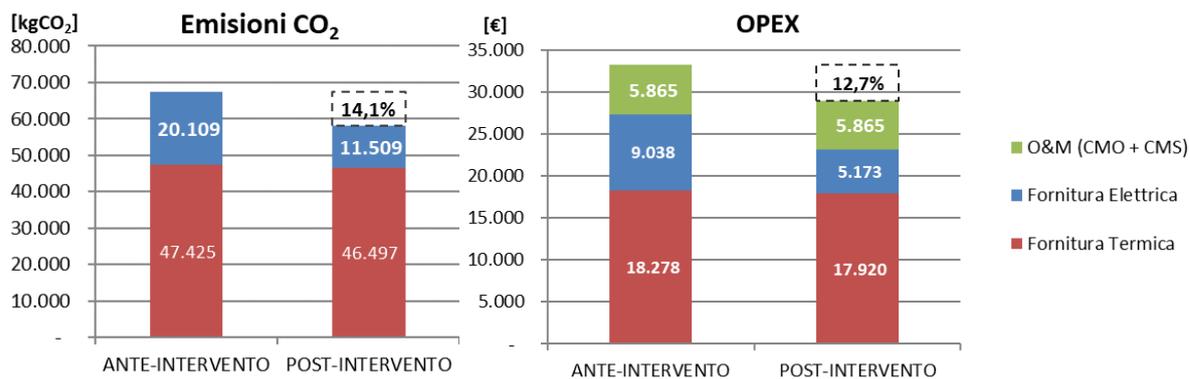
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM7 – Installazione di un impianto fotovoltaico

Mese	Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh)	Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh)	Energia autoconsumata (kWh)	Copertura (%)
Gennaio	3.309	1.860	1.860	56%
Febbraio	3.292	2.570	2.570	78%
Marzo	2.782	3.600	2.782	100%
Aprile	1.774	3.820	1.774	100%
Maggio	1.487	4.370	1.487	100%
Giugno	735	4.450	735	100%
Luglio	167	4.820	167	100%
Agosto	127	4.470	127	100%
Settembre	1.296	3.830	1.296	100%
Ottobre	2.378	2.810	2.378	100%
Novembre	3.150	1.990	1.990	63%
Dicembre	2.933	1.720	1.720	59%
<b>TOTALE</b>	<b>23.431</b>	<b>40.310</b>	<b>18.886</b>	<b>81%</b>

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
Potenza di picco dell’impianto fotovoltaico	W	10.000	32.000	<b>220,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	kWh	231.808	227.271	<b>2,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	kWh	44.159	25.273	<b>42,8%</b>
Q <sub>baseline</sub>	kWh	234.779	230.184	<b>2,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	kWh	43.060	24.644	<b>42,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	kgCO <sub>2</sub>	47.425	46.497	<b>2,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO <sub>2</sub>	20.109	11.509	<b>42,8%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>kgCO<sub>2</sub></b>	<b>67.534</b>	<b>58.006</b>	<b>14,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	€	18.278	17.920	<b>2,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	€	9.038	5.173	<b>42,8%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>€</b>	<b>27.316</b>	<b>23.092</b>	<b>15,5%</b>
C <sub>MO</sub>	€	5.279	5.279	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	€	587	587	<b>0,0%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>€</b>	<b>5.865</b>	<b>5.865</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>€</b>	<b>33.181</b>	<b>28.958</b>	<b>12,7%</b>
Classe energetica	-	E	D	+1 classe

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.15 – EEM7: 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”.

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”.

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	21.176,66	m <sup>2</sup> cm	2,00	1,82	38.503,03	8.470,67	46.973,69
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	1.764,72	m <sup>2</sup>	6,68	6,07	10.716,68	2.357,67	13.074,34
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	1.764,72	kg	0,82	0,75	1.315,52	289,41	1.604,93
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	882,36	kg	0,49	0,45	393,05	86,47	479,52
Ponteggio e cantiere	95.B10.S10.010	1.764,72	m <sup>2</sup>	14,28	12,98	22.909,30	5.040,05	27.949,35
Preparazione muratura esterna	25.A05.E10.015	1.764,72	m <sup>2</sup>	7,26	6,60	11.647,17	2.562,38	14.209,54
Posa in opera intonaco per esterni	25.A54.A30.010	1.764,72	m <sup>2</sup>	4,81	4,37	7.716,65	1.697,66	9.414,31
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	1.764,72	m <sup>2</sup>	23,79	21,63	38.166,12	8.396,55	46.562,67
Costi per la sicurezza		3	%			2.785,93	612,91	3.398,84
Costi per la progettazione		7	%			6.500,51	1.430,11	7.930,63
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>140.653,96</b>	<b>30.943,87</b>	<b>171.597,83</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>68.639,13</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>13.727,83</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	12.954,14	m <sup>2</sup> cm	2,00	1,82	23.552,99	5.181,66	28.734,65
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A50.010	925,30	m <sup>2</sup>	6,68	6,07	5.619,07	1.236,20	6.855,27
Preparazione muratura	25.A05.C10.010	925,30	m <sup>2</sup>	6,88	6,25	5.787,31	1.273,21	7.060,51
Posa in opera materiale impermeabilizzante	03.P10.B01.005 <sup>(1)</sup>	925,30	m <sup>2</sup>	15,35	13,95	12.912,09	2.840,66	15.752,74
Membrana elastoplastomerica	PR.A18.A25.030	925,30	m <sup>2</sup>	5,67	5,15	4.769,48	1.049,29	5.818,77
Costi per la sicurezza		3	%			1.579,23	347,43	1.926,66
Costi per la progettazione		7	%			3.684,87	810,67	4.495,54
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>57.905,02</b>	<b>12.739,11</b>	<b>70.644,13</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>28.257,65</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>5.651,53</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	328,94	m <sup>2</sup>		36,01	11.844,76	2.605,85	14.450,61
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	328,94	m <sup>2</sup>		299,00	98.352,46	21.637,54	119.990,00
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	72,55	m		6,90	500,57	110,13	610,70
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	49,34	m <sup>3</sup>		10,70	527,95	116,15	644,09
Installazione valvole	PR.C17.A15.010	78,00	cad		32,20	2.511,60	552,55	3.064,15

termostatiche						
Costi per la sicurezza	3	%		3.412,12	750,67	4.162,79
Costi per la progettazione	7	%		7.961,61	1.751,55	9.713,17
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>				<b>125.111,07</b>	<b>27.524,44</b>	<b>152.635,51</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>					<b>59.208,84</b>
<b>Durata incentivi</b>						<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>						<b>11.841,77</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 dei generatori 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.

Le nuove caldaie 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>	3	cad	1.426,90	1.297,18	3.891,55	856,14	4.747,69
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	3	cad	7.969,50	7.245,00	21.735,00	4.781,70	26.516,70
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	3	cad	146,74	133,40	400,20	88,04	488,24
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	3	cad	392,78	357,07	1.071,22	235,67	1.306,89
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
	40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	5,94	32,95
Termoregolazione	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	78	cad	35,42	32,20	2.511,60	552,55	3.064,15
Costi per la sicurezza		3	%			969,62	213,32	1.182,94
Costi per la progettazione		7	%			2.262,45	497,74	2.760,19
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>35.552,80</b>	<b>7.821,62</b>	<b>43.374,42</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>17.349,77</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>3.469,95</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.							

**EEM5: Sostituzione dei generatori di calore e installazione di una pompa di calore e 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 5.

La nuova produzione di energia termica ibrida data da una caldaia a condensazione, una pompa di calore 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 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – 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>	3	cad	1.426,90	1.297,18	3.891,55	856,14	4.747,69
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	3	cad	7.969,50	7.245,00	21.735,00	4.781,70	26.516,70
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	3	cad	146,74	133,40	400,20	88,04	488,24
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	3	cad	392,78	357,07	1.071,22	235,67	1.306,89
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
	40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	5,94	32,95
Termoregolazione	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	78	cad	35,42	32,20	2.511,60	552,55	3.064,15
Fornitura e posa di una Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera	1M.02.050.0010.g <sup>(2)</sup>	1	cad	11.664,36	10.603,96	10.603,96	2.332,87	12.936,84
Kit idronico	1M.02.050.0030.a <sup>(2)</sup>	1	cad	1.229,69	1.117,90	1.117,90	245,94	1.363,84
Costi per la sicurezza		3	%			818,23	180,01	998,25
Costi per la progettazione		7	%			1.909,21	420,03	2.329,24
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>30.001,91</b>	<b>6.600,42</b>	<b>36.602,33</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>15.171,08</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>3.034,22</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. Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario del comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L’importo dell’incentivo corrisponde al 41% del costo complessivo dell’intervento previsto nel caso di produzione ibride dell’energia termica.							

**EEM6: 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 9.6 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 6.

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

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – 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 – 13 W	1E.06.060.0140.a <sup>(1)</sup>	19	cad	96,24	87,49	1.662,33	365,71	2.028,04
Fornitura e installazione lampade LED – 36 W	045161b <sup>(2)</sup>	13	cad	156,66	142,42	1.851,44	407,32	2.258,75
Fornitura e installazione lampade LED – 25 W	043084g <sup>(2)</sup>	59	cad	20,15	18,32	1.080,77	237,77	1.318,54
Fornitura e installazione lampade LED – 56 W	043169d <sup>(2)</sup>	113	cad	176,76	160,69	18.158,07	3.994,78	22.152,85
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.17.010.0010 <sup>(1)</sup>	204	cad	5,73	5,21	1.062,65	233,78	1.296,44
Costi per la sicurezza		3	%			714,46	157,18	871,64
Costi per la progettazione		7	%			1.667,07	366,76	2.033,82
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>						<b>26.196,79</b>	<b>5.763,29</b>	<b>31.960,08</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>12.784,03</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>2.556,81</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. Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzo 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> .							

**EEM7: 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 9.7 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 7.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM7 – 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>	22	kWp	2.236,65	2.033,32	44.733,00	9.841,26	54.574,26
Costi per la sicurezza		3	%			1.341,99	295,24	1.637,23

Costi per la progettazione	7	%	3.131,31	688,89	3.820,20
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>			<b>49.206,30</b>	<b>10.825,39</b>	<b>60.031,69</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 prezzario 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 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento delle pareti esterne

PAREMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	171.598
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	13.728
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	46,0	26,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	69,4	38,6
Valore attuale netto	VAN	- 100.325	- 39.211

Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-3,1%	0,5%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,58	-0,23

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

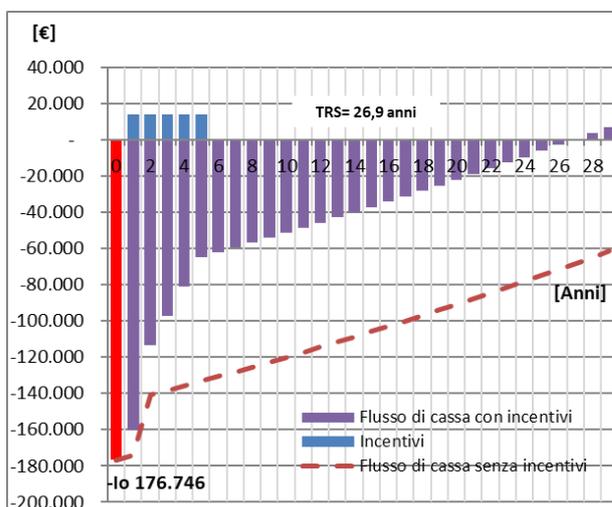
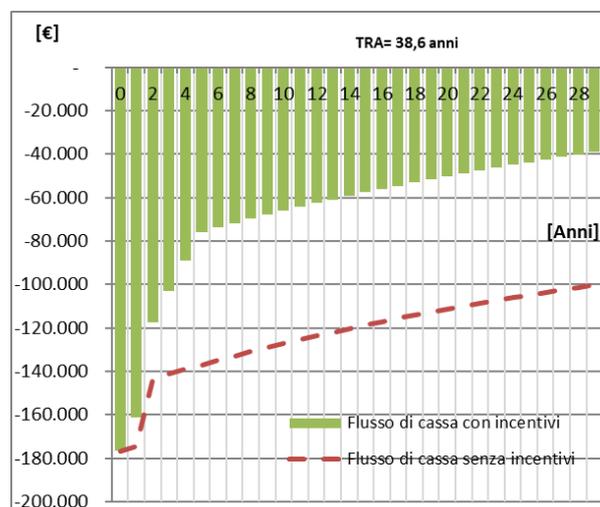


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 – Isolamento della copertura

PAREMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	70.644
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	5.652
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>	35,0	19,9
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	54,7	33,6
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 32.889	- 7.730
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-1,1%	2,5%

Indice di profitto

IP

-0,47

-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

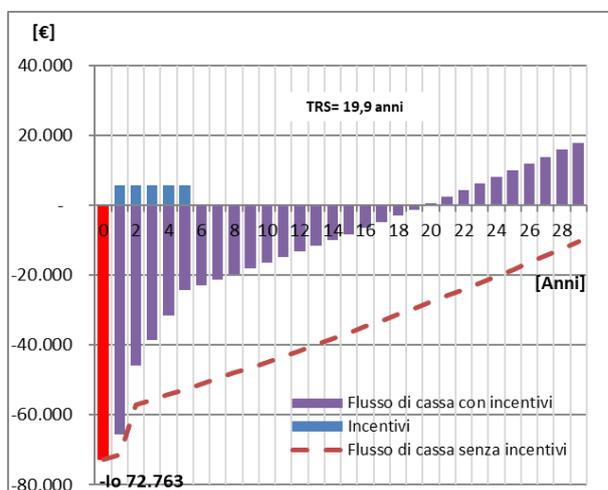
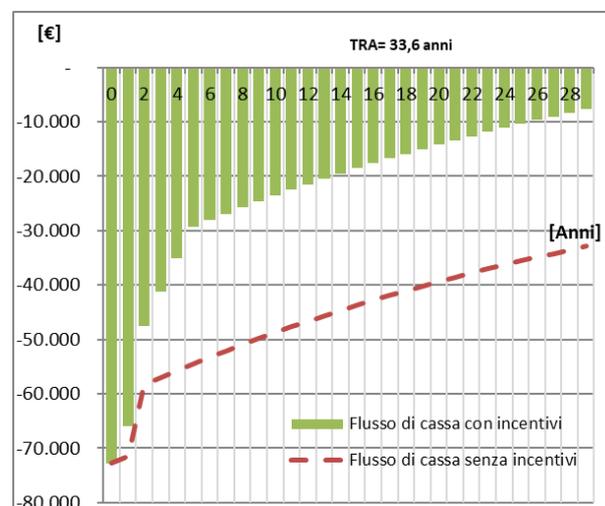


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente 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.

### **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 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	152.636
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	11.842
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	54,9	32,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	80,5	42,4
Valore attuale netto	VAN	- 98.625	- 45.907
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,4%	-1,0%
Indice di profitto	IP	-0,65	-0,30

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

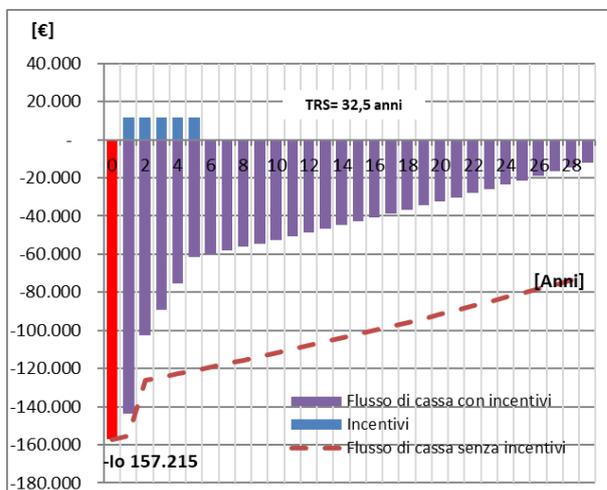
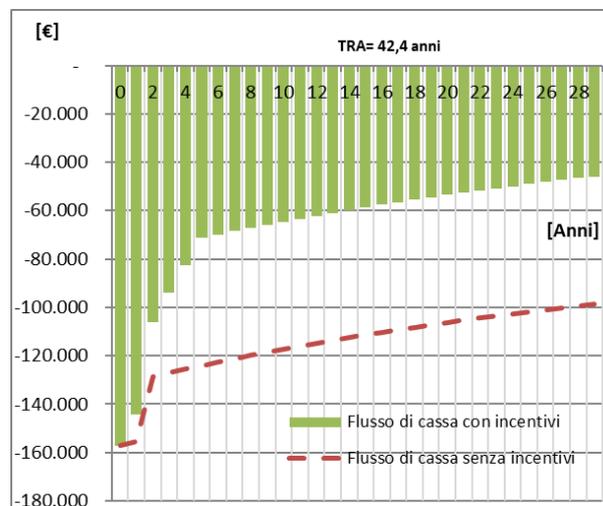


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	43.374
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	3.470
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	11,0	6,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,6	8,0
Valore attuale netto	VAN	- 1.710	13.738
Tasso interno di rendimento	TIR	3,4%	9,8%
Indice di profitto	IP	-0,04	0,32

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

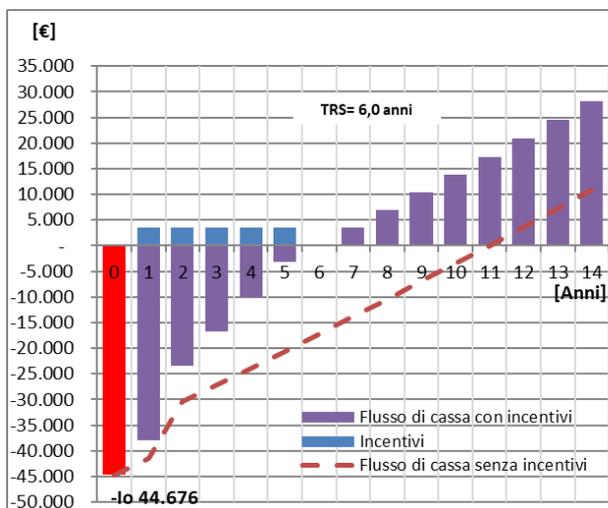
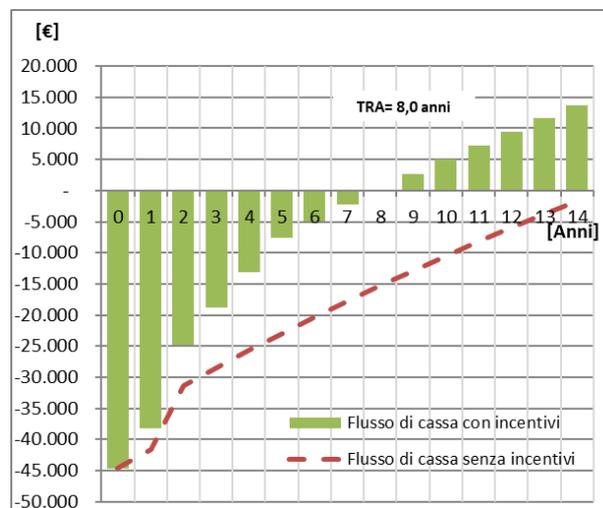


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 8 anni nel caso di incentivi. Invece in assenza di incentivi l’intervento risulta svantaggioso.

### **EEM5: Sostituzione dei generatori di calore e installazione di una pompa di calore e delle valvole termostatiche**

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

Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione di una pompa di calore e delle valvole termostatiche

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	36.602
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	3.034
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	9,5	5,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	12,5	6,8
Valore attuale netto	VAN	3.632	17.140
Tasso interno di rendimento	TIR	5,6%	12,2%
Indice di profitto	IP	0,10	0,47

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

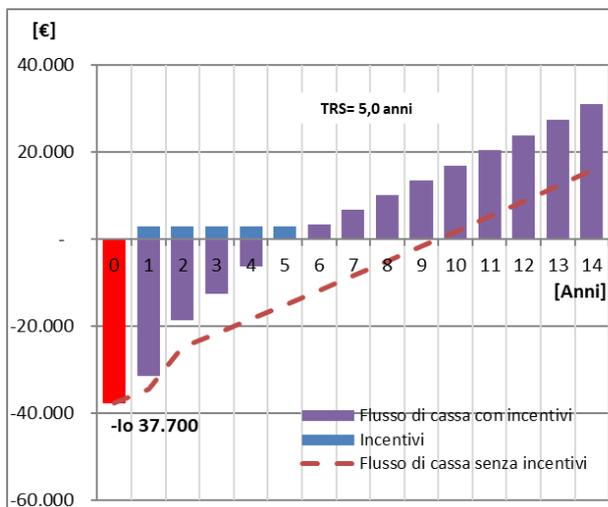
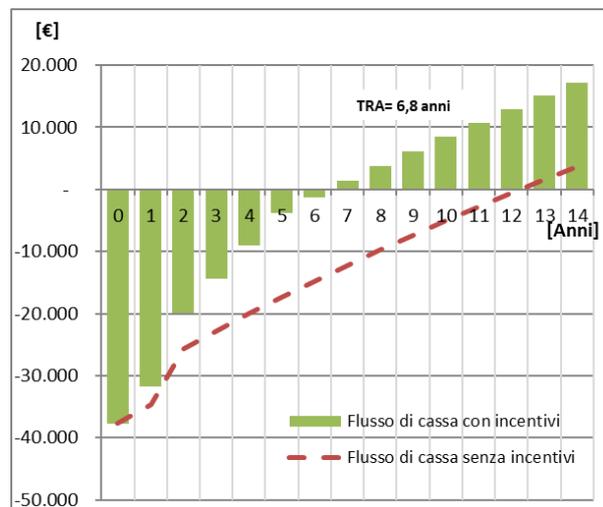


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 8 anni nel caso di incentivi. Invece in assenza di incentivi l’intervento risulta svantaggioso.

#### **EEM6: Installazione di nuove plafoniere con lampade led**

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

Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	31.960
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	2.557
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,2	5,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,7	6,8
Valore attuale netto	VAN	- 10.375	1.008
Tasso interno di rendimento	TIR	-6,3%	5,0%
Indice di profitto	IP	-0,32	0,03

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

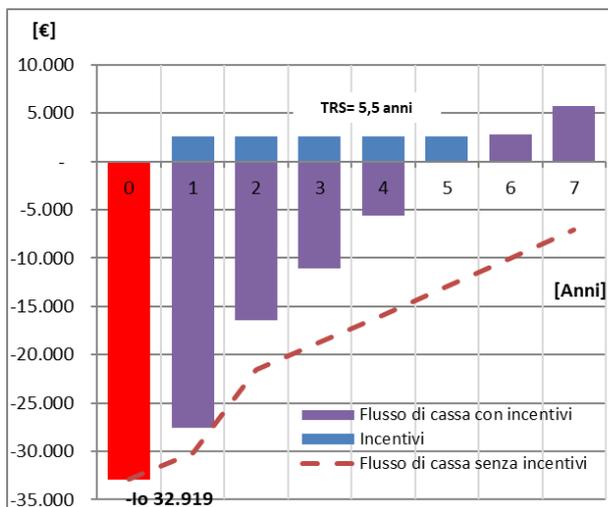
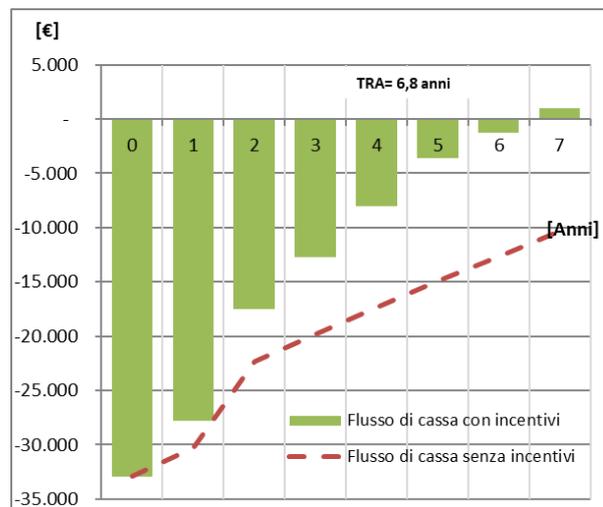


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso, ma con un tempo di ritorno attualizzato maggiore della metà della vita media dell’intervento anche nel caso di incentivi. 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’impianto fotovoltaico già installato in copertura. In questo modo si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

### **EEM7: Installazione di un impianto fotovoltaico**

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

Tabella 9.14 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM7 – Installazione di un impianto fotovoltaico

PAREMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	60.032
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	20,4	20,4
Valore attuale netto	VAN	- 1.185	- 1.185
Tasso interno di rendimento	TIR	3,7%	3,7%
Indice di profitto	IP	-0,02	-0,02

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e Figura 9.14.

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

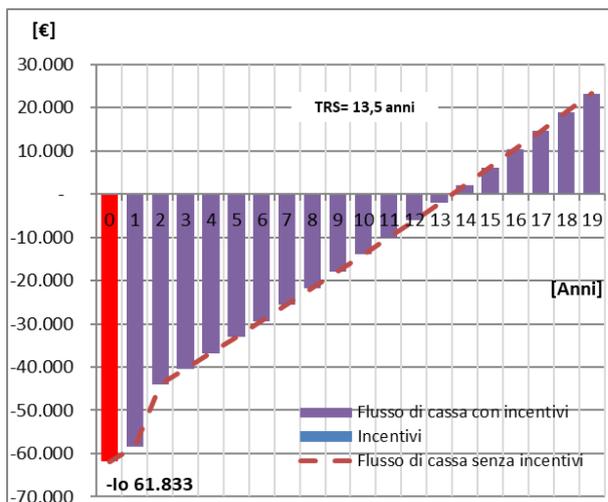
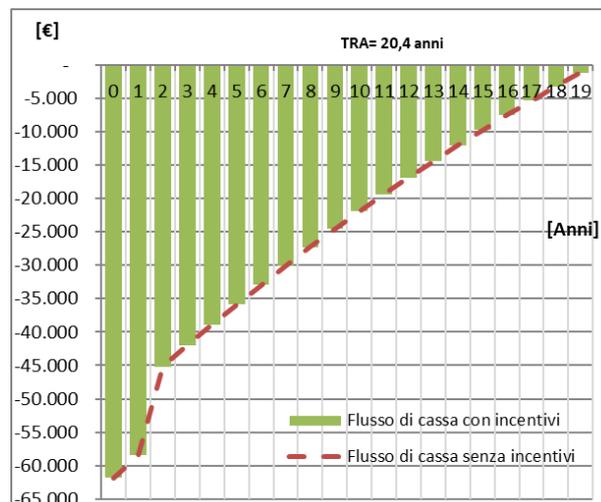


Figura 9.14 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore 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 9.15 e nella Tabella 9.16.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta_{CE}$	$\Delta_{CMO}$	$\Delta_{CMS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	10,8%	11,3%	2.950,0	0,0	0,0	-171.597,8	46,0	69,4	30	-100.325,0	-3,1%	-0,6
EEM2	6,3%	6,7%	1.733,6	0,0	0,0	-70.644,1	35,0	54,7	30	-32.889,2	-1,1%	-0,5
EEM3	7,5%	7,9%	2.044,9	0,0	0,0	-152.635,5	54,9	80,5	30	-98.624,5	-4,4%	-0,6
EEM4	10,0%	10,5%	2.719,8	1.018,3	113,1	-43.374,4	11,0	15,6	15	-1.709,9	3,4%	0,0
EEM5	9,8%	10,3%	2.666,2	1.018,3	113,1	-36.602,3	9,5	12,5	15	3.631,8	5,6%	0,1
EEM6	12,2%	11,2%	3.341,1	0,0	0,0	-31.960,1	10,2	11,7	8	-10.374,9	-6,3%	-0,3
EEM7	15,5%	14,1%	4.223,2	0,0	0,0	-60.031,7	13,5	20,4	20	-1.184,8	3,7%	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);
- $\Delta_{CE}$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta_{CMO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta_{CMS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell’investimento iniziale per la realizzazione dell’intervento; assume valori negativi;

Dall’analisi dei risultati emerge che solo il quinto intervento proposto risulta avere un ritorno economico vantaggioso senza incentivi; 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 9.16.

Tabella 9.16 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, 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 [-]
EEM1	10,8%	11,3%	2.950,0	0,0	0,0	-171.597,8	26,9	38,6	30	-39.211,1	0,5%	-0,2
EEM2	6,3%	6,7%	1.733,6	0,0	0,0	-70.644,1	19,9	33,6	30	-7.729,6	2,5%	-0,1
EEM3	7,5%	7,9%	2.044,9	0,0	0,0	-152.635,5	32,5	42,4	30	-45.907,1	-1,0%	-0,3
EEM4	10,0%	10,5%	2.719,8	1.018,3	113,1	-43.374,4	6,0	8,0	15	13.737,7	9,8%	0,3
EEM5	9,8%	10,3%	2.666,2	1.018,3	113,1	-36.602,3	5,0	6,8	15	17.139,6	12,2%	0,5
EEM6	12,2%	11,2%	3.341,1	0,0	0,0	-31.960,1	5,5	6,8	8	1.007,6	5,0%	0,0
EEM7	15,5%	14,1%	4.223,2	0,0	0,0	-60.031,7	13,5	20,4	20	-1.184,8	3,7%	0,0

Dall’analisi dei risultati emerge che i interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l’EEM4, l’EEM5 e l’EEM6, seppur con un tempo di ritorno attualizzato maggiore della metà della vita utile dell’intervento stesso per l’ultimo dei tre. Inoltre c’è la possibilità di ridurre i consumi elettrici sfruttando almeno in parte l’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico già installato 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 proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi.

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

- 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: [EEM2 + EEM5 + EEM7]:** Tale scenario consiste nell’isolamento della copertura, sostituzione dei generatori di calore con installazione di una pompa di calore e di valvole termostatiche e installazione di un impianto fotovoltaico;
- **Scenario 2: [EEM2 + EEM5 + EEM6 + EEM7]:** Tale scenario consiste nell’isolamento della copertura, sostituzione dei generatori di calore con installazione di una pompa di calore e di valvole termostatiche, installazione di nuove plafoniere con lampade led e installazione di un impianto fotovoltaico.

### 9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM5 + EEM7

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

- EEM2: Isolamento della copertura;
- EEM5: Sostituzione dei generatori di calore con installazione di una pompa di calore e delle valvole termostatiche;
- EEM7: Installazione di un nuovo impianto fotovoltaico con autoconsumo dell’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico già presente.

Tabella 9.17 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 – Fornitura e Posa	52.640,93	11.581,00	64.221,94
EEM5 – Fornitura e Posa	27.274,46	6.000,38	33.274,85
EEM7 – Fornitura e Posa	44.733,00	9.841,26	54.574,26
Costi per la sicurezza	3.739,45	822,68	4.562,13
Costi per la progettazione	8.725,39	1.919,59	10.644,97
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>137.113,23</b>	<b>30.164,91</b>	<b>167.278,15</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	4.260	473	4.734
EEM7 O&M	-	-	-
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>4.260</b>	<b>473</b>	<b>4.734</b>

VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Incentivi	[Conto termico]	<b>43.428,73</b>
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		<b>8.685,75</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 9.15 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

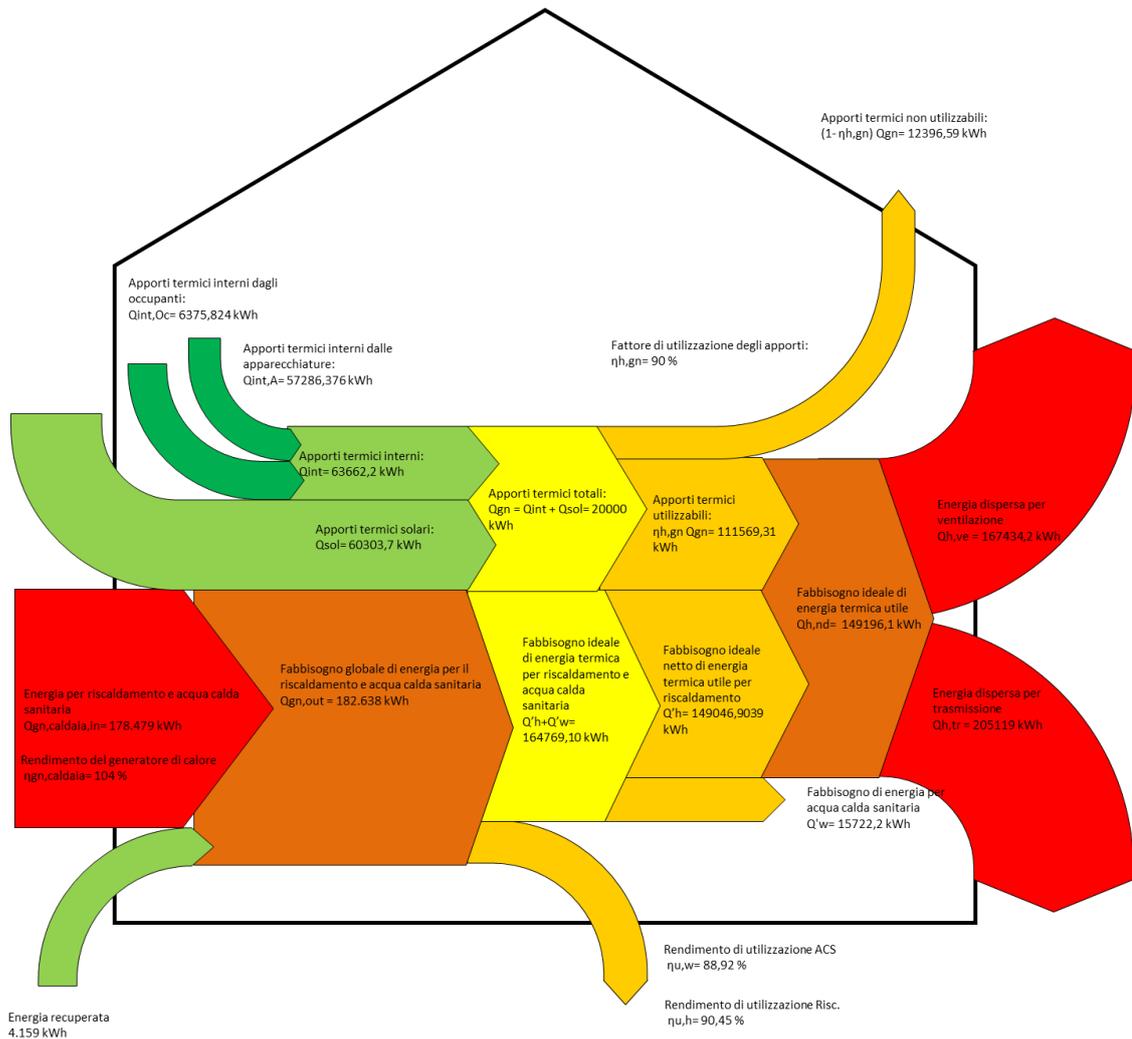
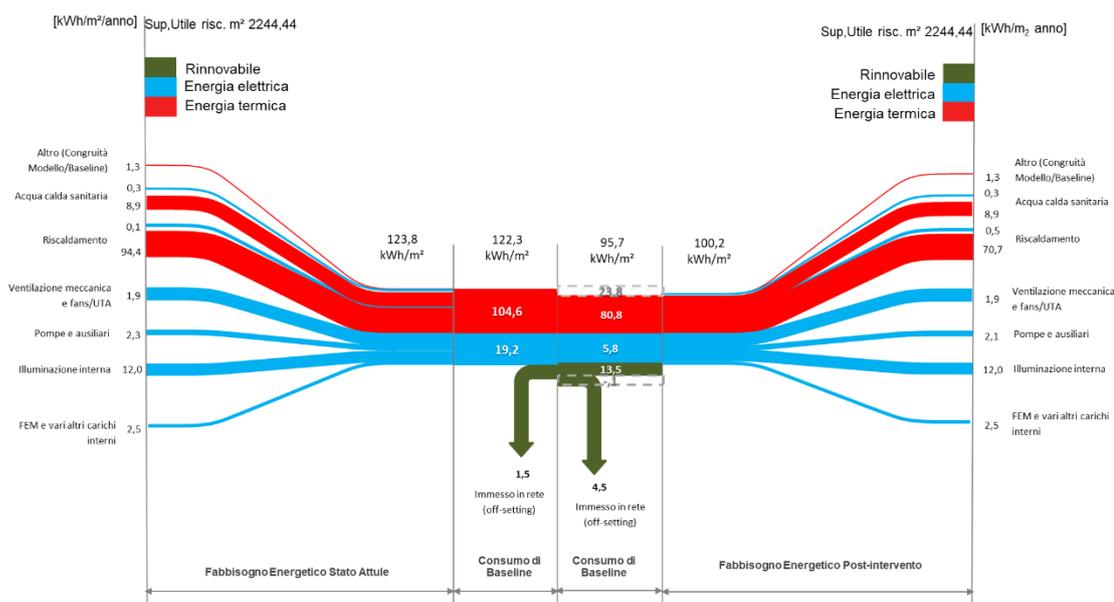


Figura 9.16 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

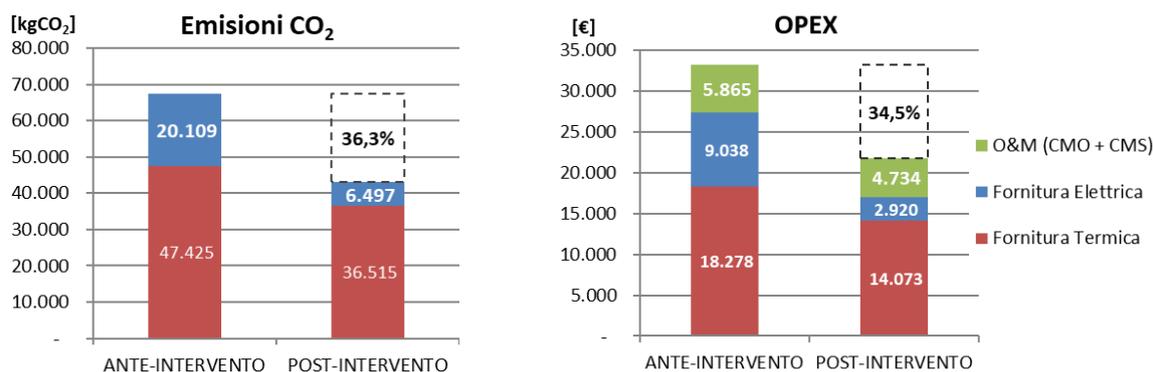


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 [trasmissione copertura]	[W/m²K]	1,05	0,22	<b>79,0%</b>
EEM5 [Rendimento generazione calore]	[%]	89	104	<b>16,9%</b>
EEM7 [Potenza installata]	[W]	10.000	32.000	<b>220,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	231.808	178.479	<b>23,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	44.159	14.268	<b>67,7%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	234.779	180.766	<b>23,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	43.060	13.913	<b>67,7%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.425	36.515	<b>23,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.109	6.497	<b>67,7%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>67.534</b>	<b>43.012</b>	<b>36,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.278	14.073	<b>23,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.038	2.920	<b>67,7%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>27.316</b>	<b>16.993</b>	<b>37,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.279	4.260	<b>19,3%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	587	473	<b>19,3%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.865</b>	<b>4.734</b>	<b>19,3%</b>
OPEX	[€]	<b>33.181</b>	<b>21.727</b>	<b>34,5%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	<b>+2 classi</b>

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.17 - 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 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.19 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CDP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	<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)	$n_D$	12
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 167.278
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 5.018
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ 172.296
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	80,0%
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	€ 137.837
Equity	$I_E$	€ 34.459
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	9,62
Rata annua debito	$q_D$	€ 14.335
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 172.026
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€ 34.188

Tabella 9.20 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 27.741
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 5.865
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 33.606
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	37,8%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	19,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 9.795
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 336
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 61.747
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 13.902
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-0,27%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	-€ 33
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 2.442
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 7.050
Canone O&M €/anno	$CnM$	€ 4.915
Canone Energia €/anno	$CnE$	€ 18.896
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€ 23.811
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€ 9.459
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€ 33.270
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 30.165
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 43.429
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = $Io / FC$ , Anni	T.R.S.	10,89
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,00
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 4.521
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	3,45%
Indice di Profitto	IP	-2,70%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = $Io / FC$ , Anni	T.R.S.	10,24
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,82
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 2.136
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	-1,87%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,073
Loan Life Cover Ratio	LLCR < 1	0,808
Indice di Profitto Azionista	IP	-1,28%

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

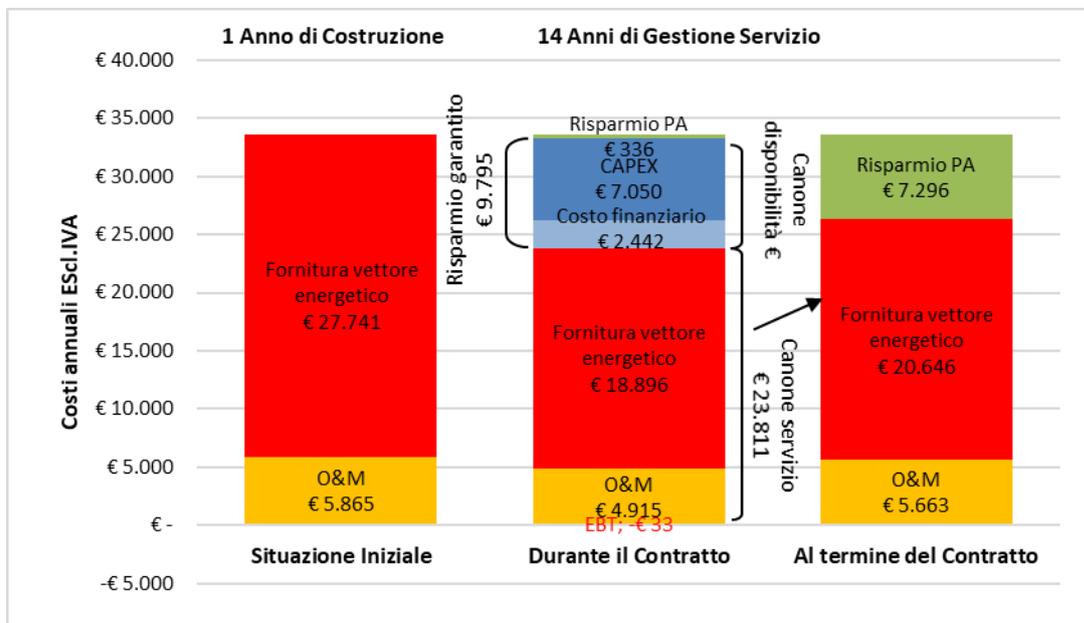


Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: EEM2 + EEM5 + EEM6 + EEM7

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

- EEM2: Isolamento della copertura;

- EEM5: Sostituzione dei generatori di calore con installazione di una pompa di calore e delle valvole termostatiche;
- EEM6: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM7: Installazione di un nuovo impianto fotovoltaico con autoconsumo dell’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico già presente.

Tabella 9.22 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 – Fornitura e Posa	52.640,93	11.581,00	64.221,94
EEM5 – Fornitura e Posa	27.274,46	6.000,38	33.274,85
EEM6 – Fornitura e Posa	23.815,26	5.239,36	29.054,62
EEM7 – Fornitura e Posa	44.733,00	9.841,26	54.574,26
Costi per la sicurezza	3.111,92	684,62	3.796,54
Costi per la progettazione	7.261,15	1.597,45	8.858,60
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>158.836,72</b>	<b>34.944,08</b>	<b>193.780,80</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	4.260	473	4.734
EEM6 O&M	-	-	-
EEM7 O&M	-	-	-
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>4.260</b>	<b>473</b>	<b>4.734</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	<b>56.212,77</b>	
Durata incentivi		<b>5</b>	
Incentivo annuo		<b>11.242,55</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 9.21 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

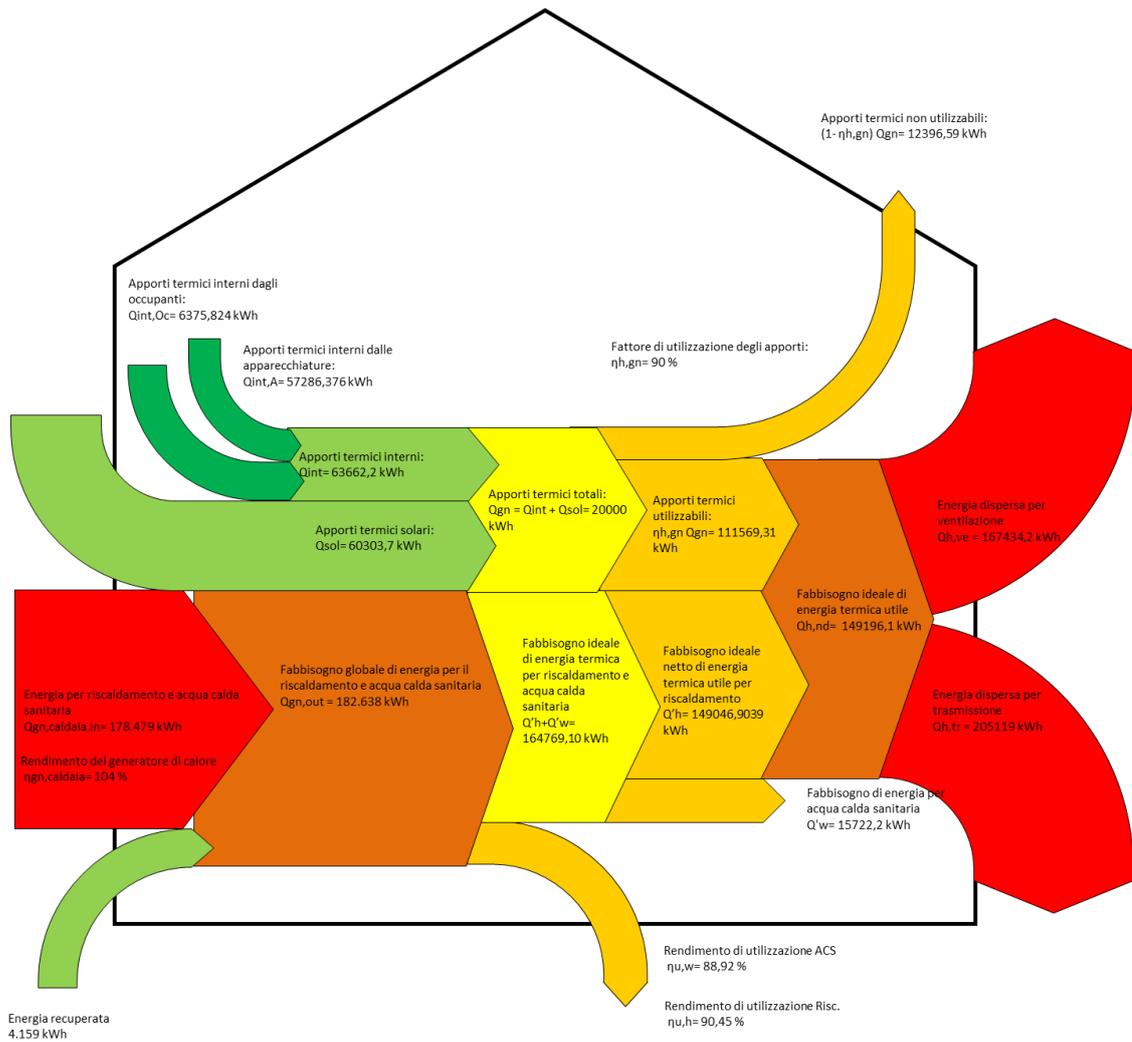
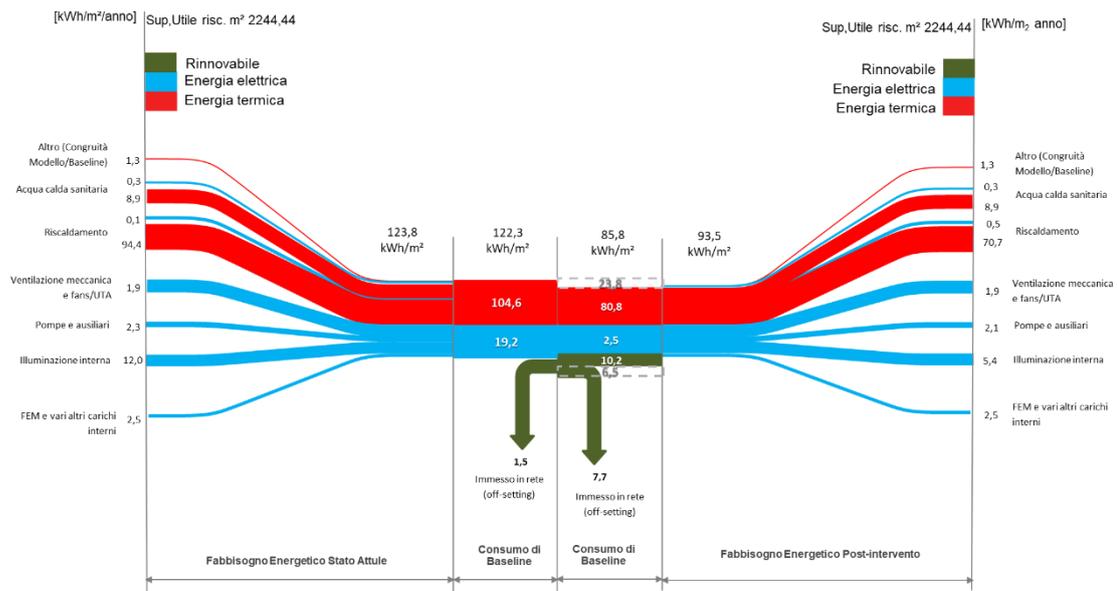


Figura 9.22 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



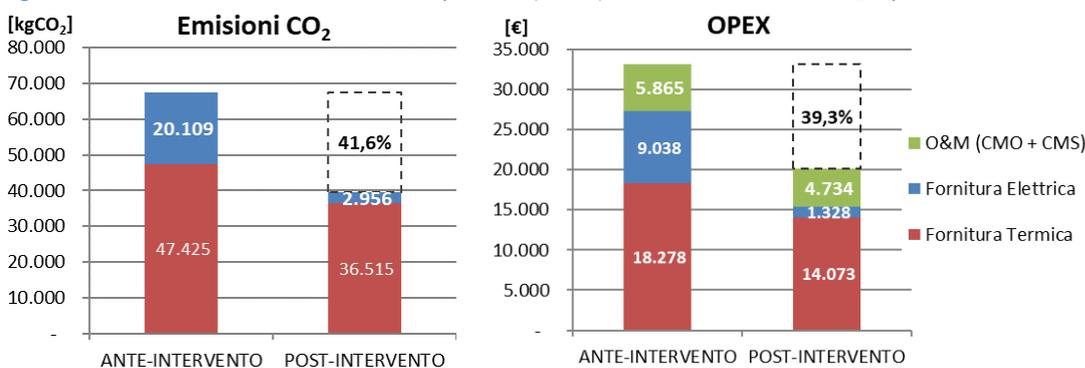
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.23 e nella Figura 9.23.

Tabella 9.23 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM2 [trasmissione copertura]	[W/m²K]	1,05	0,22	<b>79,0%</b>
EM5 [Rendimento generazione calore]	[%]	89	104	<b>16,9%</b>
EM5 [Potenza installata]	[W]	18.114	8.518	<b>53,0%</b>
EM7 [Potenza installata]	[W]	10.000	32.000	<b>220,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	231.808	178.479	<b>23,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	44.159	6.491	<b>85,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	234.779	180.766	<b>23,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	43.060	6.329	<b>85,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	47.425	36.515	<b>23,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.109	2.956	<b>85,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>67.534</b>	<b>39.470</b>	<b>41,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.278	14.073	<b>23,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.038	1.328	<b>85,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>27.316</b>	<b>15.401</b>	<b>43,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.279	4.260	<b>19,3%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	587	473	<b>19,3%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.865</b>	<b>4.734</b>	<b>19,3%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>33.181</b>	<b>20.135</b>	<b>39,3%</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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.23 – 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 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.24 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI
----------------------

Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	24
Anni Concessione	$n$	25
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	<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.	$I_0$	€ 193.781
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 5.813
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ 199.594
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	80,0%
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	€ 159.675
Equity	$I_E$	€ 39.919
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	11,41
Rata annua debito	$q_D$	€ 13.999
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 209.978
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€ 50.303

Tabella 9.25 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 27.741
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 5.865
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 33.606
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>	43,6%
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>	19,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%<math>C_{Baseline}</math></b>	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€ 10.333
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€ 672
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€ 173.157
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€ 17.838
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	24
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	36,64%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 3.047
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 2.096
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 4.518

Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	€	5.041
Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	€	18.232
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>CnS</b>	€	23.272
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>CnD</b>	€	9.661
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>Cn</b>	€	32.934
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		22%
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€	34.944
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€	56.213
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.26 – 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>		10,51
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		15,27
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	36.269
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		6,61%
Indice di Profitto	<b>IP</b>		18,72%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		2,71
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		3,21
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	22.225
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		31,70%
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		1,182
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>		1,208
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		11,47%

Figura 9.24 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

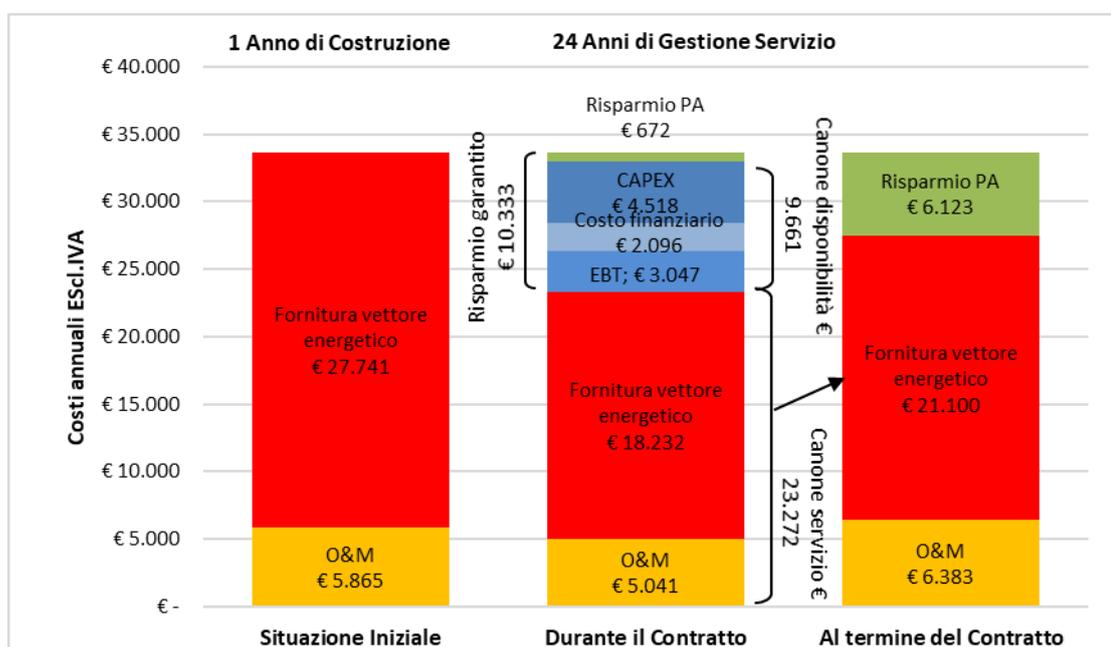


Figura 9.25 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.26 – 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>	138,3	kWh/mq anno	239,5	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP <sub>H</sub>	100,6	kWh/mq anno	184,7	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP <sub>acs</sub>	9,6	kWh/mq anno	14,0	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>	3,7	kWh/mq anno	3,7	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	23,1	kWh/mq anno	35,8	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP <sub>Tr</sub>	1,3	kWh/mq anno	1,3	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP <sub>T</sub>	104,9	kWh/mq anno	190,1	kWh/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	19,7	kWh/mq anno	24,7	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET <sub>H</sub>	94,4	kWh/mq anno	175,9	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>	9,2	kWh/mq anno	14,2	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	30,1	Kg/mq anno	49,9	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*	27.606,61	7,65	0,5%	-0,23	26,94	-39.211,11	-
EEM 2*	18.179,96	4,50	2,5%	-0,11	19,85	-7.729,60	-
EEM 3*	22.444,40	5,31	-1,0%	-0,30	32,49	-45.907,06	-
EEM 4	31.871,05	7,10	9,8%	0,32	5,99	13.737,69	0,13
EEM 5	31.197,72	6,95	12,2%	0,47	4,99	17.139,56	0,16
EEM 6	27.382,17	7,57	5,0%	0,03	5,53	1.007,55	0,05
EEM7*	28.279,94	9,53	3,7%	-0,02	13,55	-1.184,76	-
SCN1*	96.959,81	23,47	3,5%	-2,70	10,89	-4.521,00	-
SCN2	107.059,79	27,55	6,6%	18,70	10,51	36.269,00	0,94

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

\*L'intervento risulta escludibile dall'analisi in quanto caratterizzato da pareti economiche negative 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'SCN2 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'EEM5, che quindi è il migliore tra gli interventi singoli proposti.

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-E675_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-E675_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell’energia elettrica	Analisi fatture EE	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture dell’energia termica	Analisi fatture GAS	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall’auditor	Dati consumi termici ed elettrici	07/06/18	kyotoBaseline-E675_rev10.xlsx



## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_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-E675_revA-AllegatoE.pdf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-Allegato F.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoG-APE.pdf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E675_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E675_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
Dati climatici		07/06/18	GG_Lotto.3-E675_revB.xlsx



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	07/06/18	DE_Lotto3-E675_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx

**ALLEGATO K – SCHEDE ORE**

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_isolamento copertura piana	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf
Scheda ORE_pompe di calore.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM6.pdf
Scheda ORE_impianto fotovoltaico.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM7.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-E675_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchamark	07/06/18	DE_Lotto.3-E675_revC-AllegatoM-Benchmark.docx



## ALLEGATO N – CD-ROM