

# Scuola elementare e materna "Don Bosco" E0998

Via Coronata n.48, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



D B A PROGETTI

**Scuola elementare e materna "Don Bosco"  
E0998  
Via Coronata n.48, Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3  
Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager  
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova  
Tel 010 5573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

DBA Progetti Spa  
SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)  
SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32045 S. Stefano di Cadore (BL)  
[Tel: 04220318811 – [info@dbagroup.it](mailto:info@dbagroup.it) – [www.dbagroup.it](http://www.dbagroup.it)]

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
0	12/06/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega  Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
1	26/07/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega  Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Revisione

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>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DE .....</b>	<b>I</b>
<b>TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>I</b>
<b>1 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 .....	8
<b>TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>8</b>
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
<b>I GG COSÌ CALCOLATI DEFINISCONO I GG<sub>RIF</sub> AI FINI DEL PROCESSO DI NORMALIZZAZIONE DI CUI AL CAPITOLO</b>	
<b>5.1.1.....</b>	<b>11</b>
<b>TABELLA 3.2 – PROFILI MENSILI DEI GGRIF.....</b>	<b>11</b>
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
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
<b>TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO OPACO.....</b>	<b>15</b>
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	19
<b>L RENDIMENTO COMPLESSIVO DEL SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE È STATO ASSUNTO NELLA DE PARI AL</b>	
<b>90,7%.....</b>	<b>21</b>
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE.....	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	24



<b>5</b>	<b>CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>24</b>
5.1	CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
5.1.1	<i>Energia termica.....</i>	24
5.1.2	<i>Energia elettrica.....</i>	27
5.2	INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	32
<b>6</b>	<b>MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>35</b>
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	35
6.1.1	<i>Validazione del modello termico .....</i>	36
6.1.2	<i>Validazione del modello elettrico .....</i>	37
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>41</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	41
7.1.1	<i>Vettore termico.....</i>	41
7.1.2	<i>Vettore elettrico.....</i>	41
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	44
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	45
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	46
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>47</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	47
8.1.1	<i>Involucro edilizio .....</i>	47
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....</b>	<b>47</b>
	<b>DESCRIZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>47</b>
	<b>PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI .....</b>	<b>47</b>
	8.1.2 <i>Impianto riscaldamento.....</i>	48
	<b>EEM2: INSTALLAZIONE TERMOVALVOLE .....</b>	<b>48</b>
	<b>PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI .....</b>	<b>48</b>
	8.1.3 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico .....</i>	49
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....</b>	<b>49</b>
	<b>PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI .....</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>51</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	51
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....</b>	<b>51</b>
	<b>EEM2: INSTALLAZIONE TERMOVALVOLE.....</b>	<b>52</b>
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....</b>	<b>53</b>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	56
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....</b>	<b>57</b>
	<b>EEM2: INSTALLAZIONE TERMOVALVOLE.....</b>	<b>58</b>
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....</b>	<b>59</b>
	<b>SINTESI .....</b>	<b>60</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	61
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2+EEM3.....</i>	63
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3: .....</i>	68
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>74</b>



10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	74
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	74
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	74
<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>		<b>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1966
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.632,19
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.487,60
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	6.593,20
Rapporto S/V	[1/m]	0,52
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.972
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.247
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	933
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.181
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	373kW
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	37.739
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	130.699
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.467
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	24.279
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.568

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione serramenti
- EEM 2: Installazione termovalvole
- EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN1: EEM2+EEM3
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM3

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub> [%]	%Δ <sub>CO<sub>2</sub></sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM1	22%	22%	3.382	0	0	167.270	40,8	62,5	30	-89.593	-2,2%	-0,54	-	-
EEM2	37%	37%	5.563	2.024	269	21.462	2,8	3,2	15	54.365	33,0%	2,53	-	-
EEM3	5%	5%	787	1.012	0	33.097	9,1	10,3	8	-7.654	-4,0%	-0,23	-	-
SCN 1	41%	42%	6.272	3.035	269	54.559	5	6	15	29.004	39%	0,53	1,11	3,22
SCN 2	46%	46%	6.995	3.035	269	221.830	11	25	25	-2.285	5%	-0,01	1,02	0,88

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

## E0998 - Scuola elementare e materna "Don Bosco"

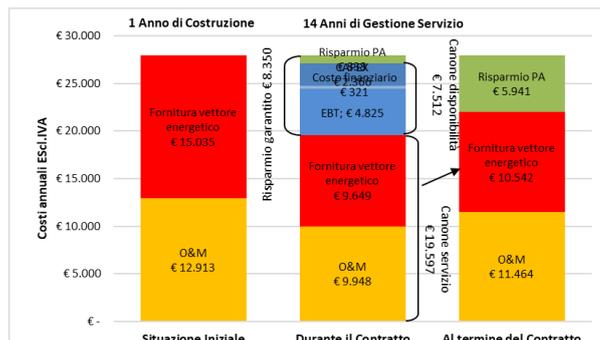
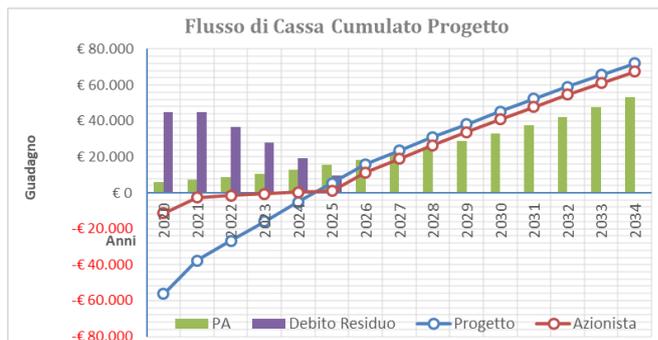
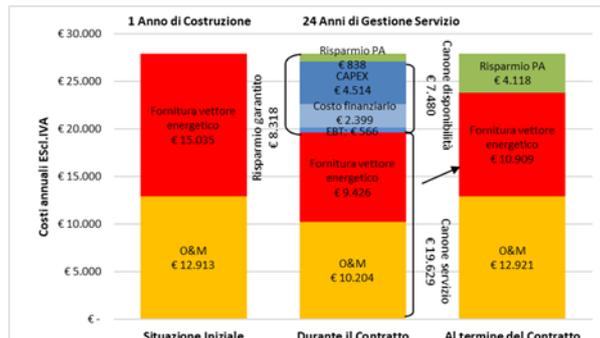
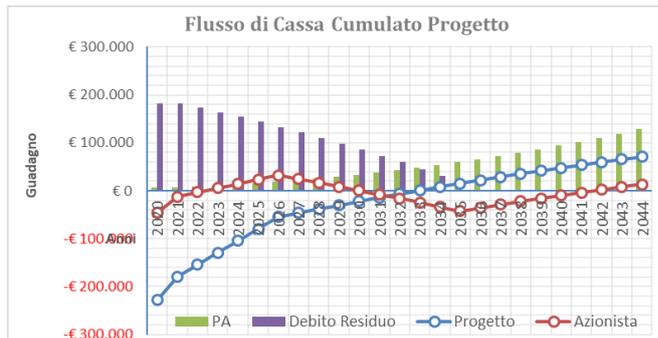


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che l'unico scenario economicamente vantaggioso per entrambi i soggetti, ESCO e PA, è quello che prevede la realizzazione dei due interventi di efficientamento che non vedono modificare le caratteristiche prestazionali dell'involucro del fabbricato.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata Nord



### 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 dalla DBA Progetti Spa, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Maria Giovanna Passaghe	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico
Gianluca Loddi	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica
Angela Sposato	Impiegato tecnico	Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica
Francesca Bottega	Responsabile involucro	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Matteo Zanotto	Responsabile impianti	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Alessandro Bertino	EGE	Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica

## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 78 Mapp. 845 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Sestri Ponente.

I dati catastali identificati corrispondono con quelli riportati nel file "KyotoBaseline-E0840\_rev10".

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

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio

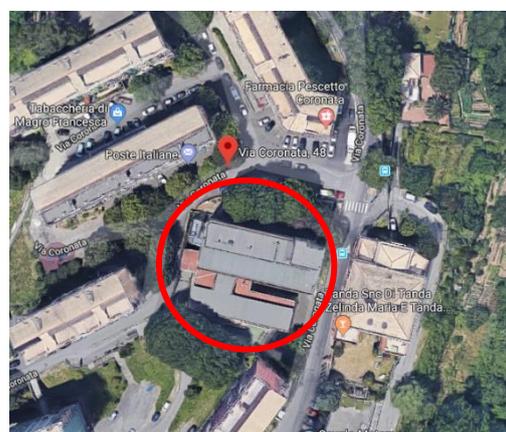


Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1966
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.632,19
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.487,60
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	6.593,20
Rapporto S/V	[1/m]	0,52
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.972
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.247
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	933
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3181
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	373kW
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici

Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	37.739
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	130.699
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.467
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	24.279
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.568

Nota (1): Valori di Baseline

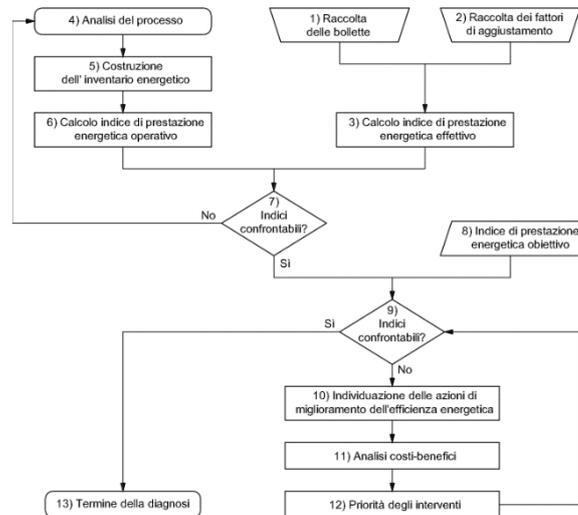
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova-Pegli e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) 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.

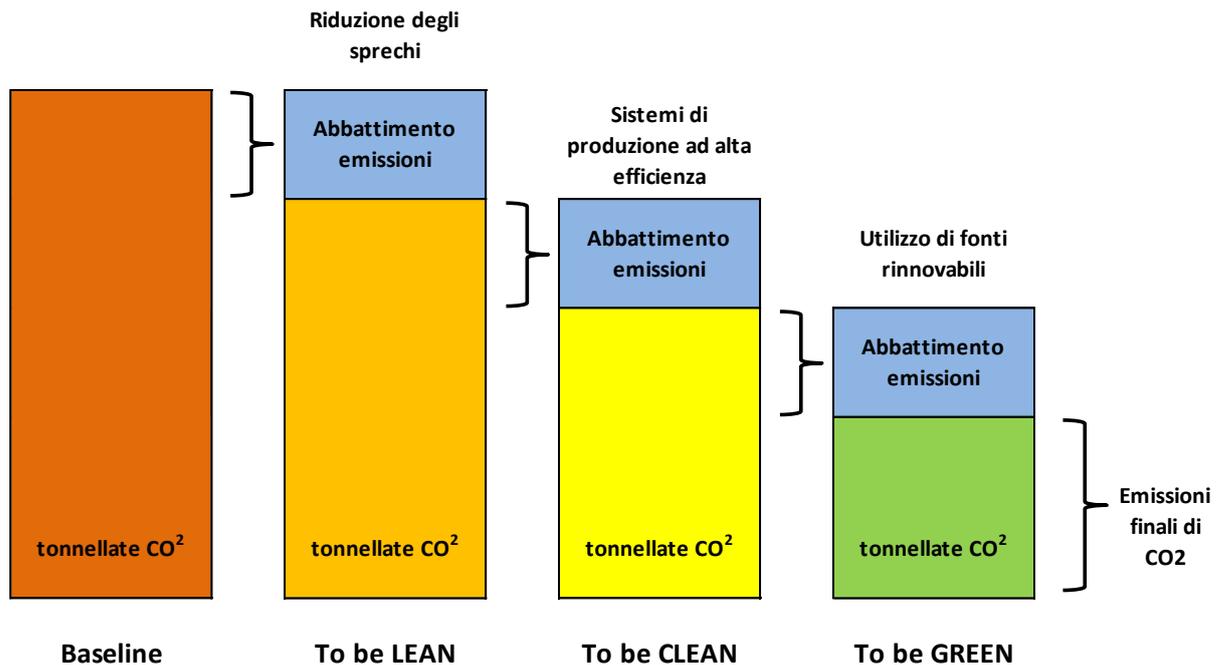
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "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 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di 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 energetico primario.

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

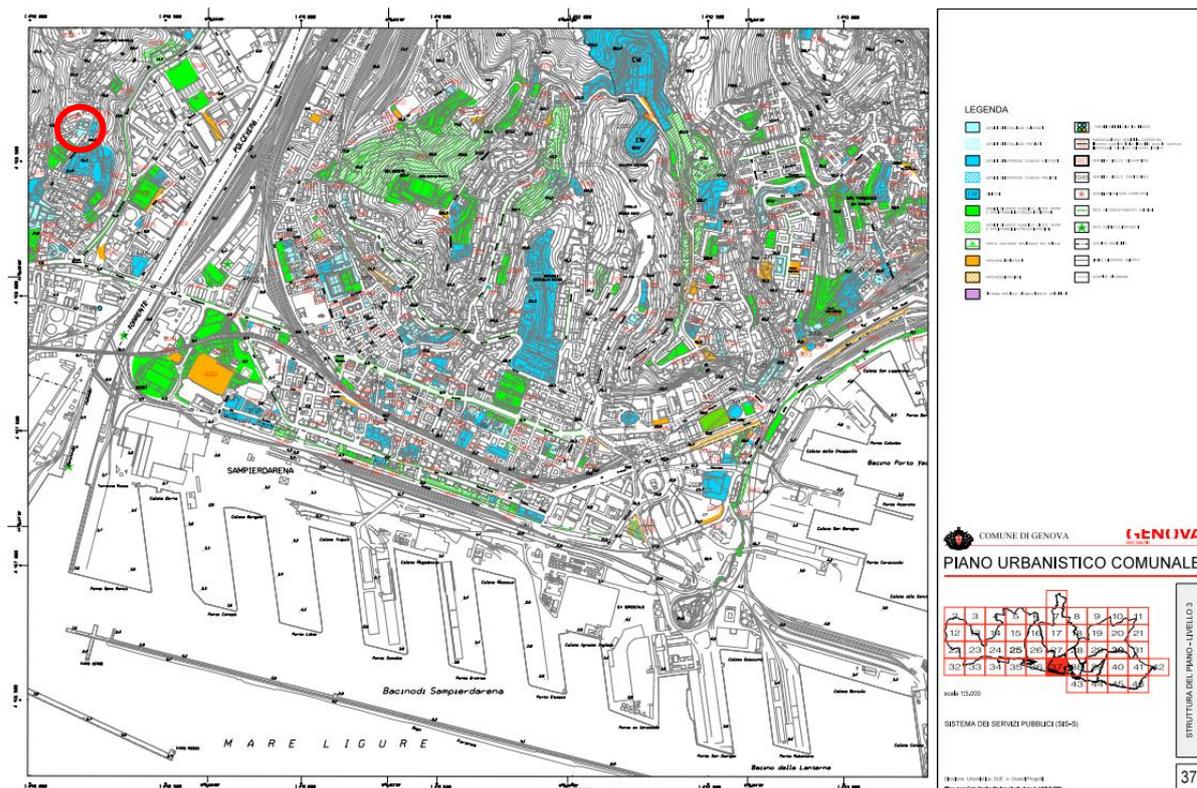
## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 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 F-Servizi, ed in particolare nella sottozona FF, la cui funzione caratterizzante é quella dei servizi pubblici, disciplinata dagli articoli che vanno dall'FF1 all'FF9 riportati nelle Norme di Attuazione di Piano.

La tavola di riferimento è la 37 – "Struttura del Piano – Livello 3", di seguito riportata.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Elementare è stato costruito alla fine degli anni '60 ed attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7.

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 migliorare l'efficienza energetica del fabbricato 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 e dell'informazione dei ragazzi verso tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica. Al piano terra sono presenti palestra, uffici, cucina e sala mensa; ai piani superiori sono dislocate le aule scolastiche ed i laboratori di informatica, circa otto ambienti per piano.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Scuola materna – locali tecnici	[m <sup>2</sup> ]	760	352	-
Primo	Cucina e refettorio scuola elementare – uffici materna	[m <sup>2</sup> ]	427	380	-
Secondo	Ingresso scuola elementare	[m <sup>2</sup> ]	168	130	-
Terzo	Scuole elementari	[m <sup>2</sup> ]	446	385	-
Quarto	Scuole elementari	[m <sup>2</sup> ]	446	385	-
<b>TOTALE</b>		<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>2.247</b>	<b>1.632</b>	<b>-</b>

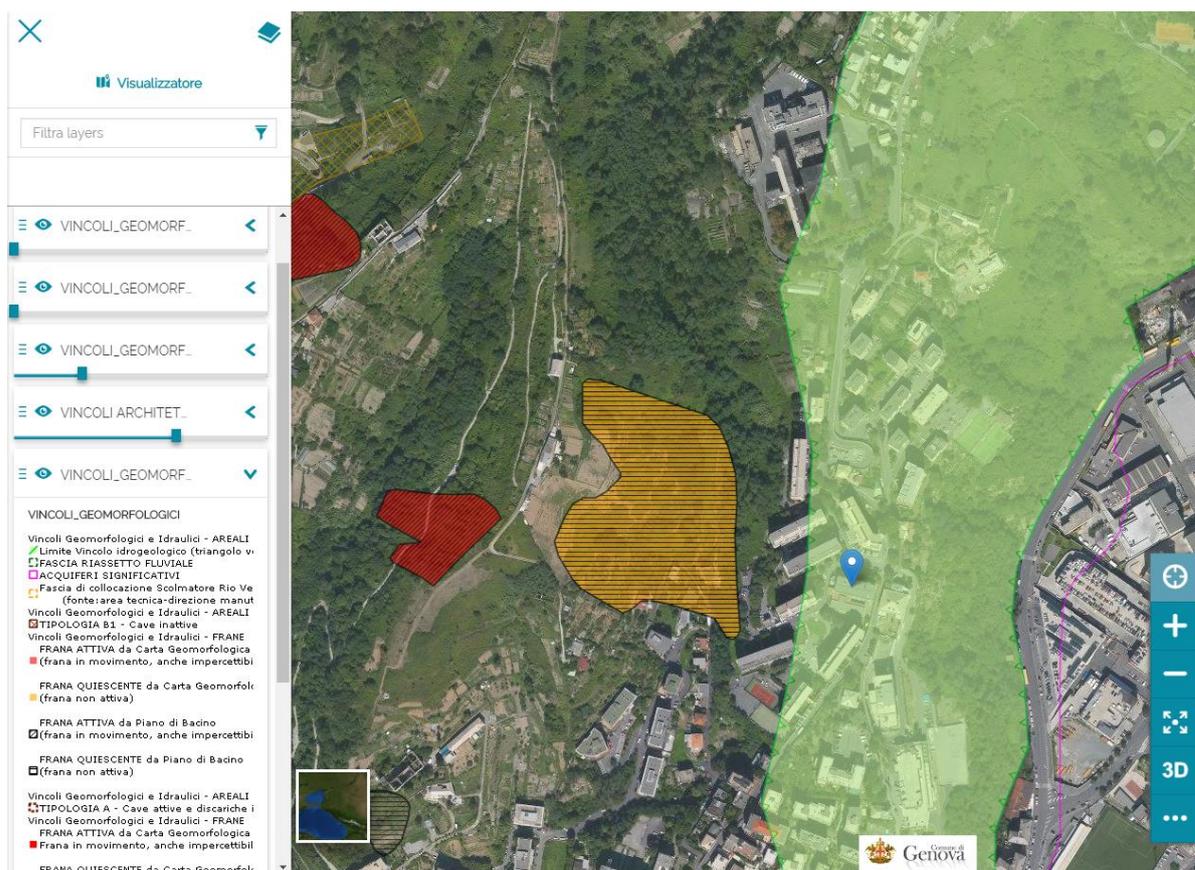
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

L'edificio non è soggetto a vincoli architettonici; è invece catalogata come area inondabile.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione serramenti	-		-
EEM 2: Sostituzione Generatore di calore	-		-
EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti	-		-

Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

## 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

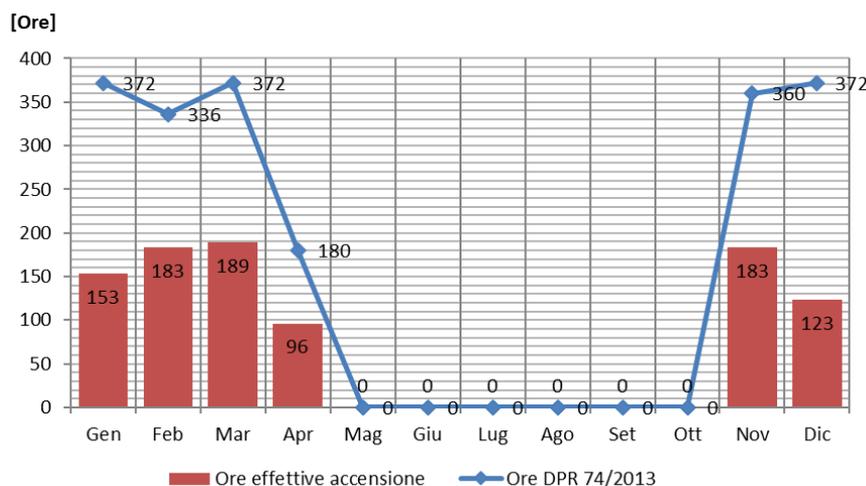
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – Orari di funzionamento dell’edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	06.30 – 15.30
	[sabato e domenica]	Chiuso (a meno di aperture straordinarie)	spento
dal 1 Settembre al 30 Ottobre e dal 16 Aprile al 15 Luglio	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	spento

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’impianto termico



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di espletamento delle lezioni, poiché questi vengono spenti al concludersi delle attività didattiche; nella programmazione degli impianti non è invece considerata la presenza di operatori all’interno della struttura oltre l’orario di lezione per cui gli impianti si spengono prima della totale assenza di persone all’interno del fabbricato.

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 triennale.

### 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 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 867 GG calcolati su 103 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 5.1.1.

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>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	17	163	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	50	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	0	0
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	0	0
Luglio	31	24,6	-	-	20	0	0	0
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	0	0
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	0
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	0
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	16%
Dicembre	31	10	31	310	15	14	137	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>218</b>	<b>103</b>	<b>867</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 di Genova Pegli, indicata in giallo nella Figura 3.1, mentre in rosso è stata indicata la scuola oggetto di analisi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è risultata essere quella più vicina al sito oggetto di studio.

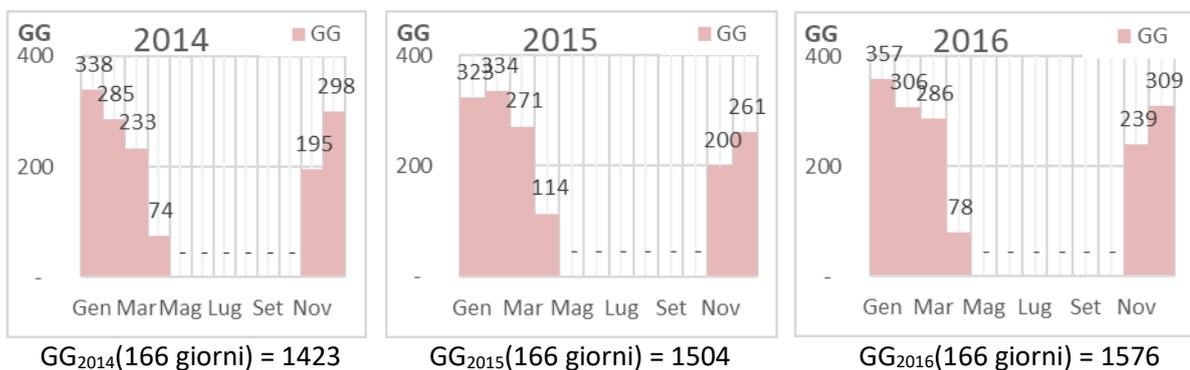
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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 meteoroclimatica.

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



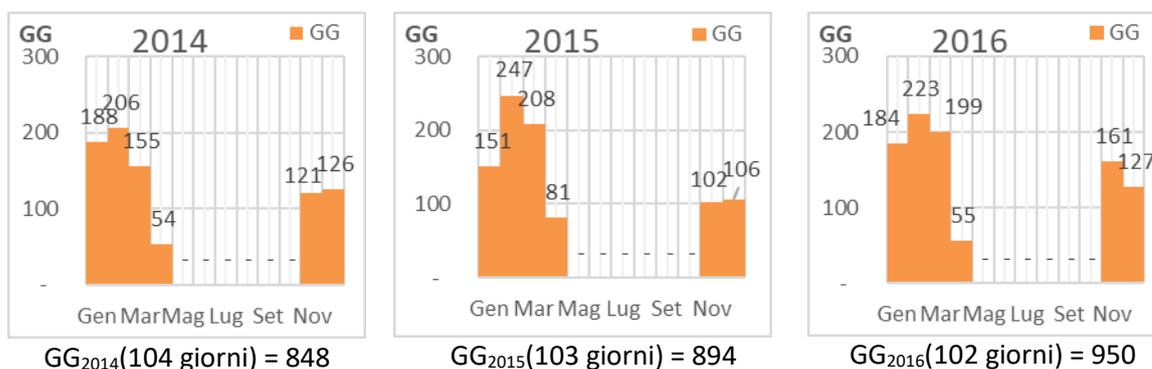
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 867 GG calcolati su 103 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. Nelle tre annualità analizzate i giorni di effettivo funzionamento della struttura sono risultati lievemente differenti, poichè legati alla cadenza delle chiusure per festività; la media dei giorni di funzionamento dell'impianto è risultata essere pari a 103 giorni, valore utilizzato per il calcolo dei GG di riferimento.

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è aumentato nel triennio di riferimento, con un delta di circa 100GG tra il 2014 ed il 2016.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

Di seguito è riportata la descrizione dettagliata delle componenti del sistema edificio-impianto, indicando le caratteristiche termofisiche dei componenti dell'involucro edilizio ed i rendimenti dei vari sottosistemi impiantistici presenti, facendo riferimento alle principali criticità di obsolescenza e manutentive riscontrate in sede di sopralluogo.

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura intelaiata con tamponamenti in blocchi forati. Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio, sono infatti presenti ponti termici tra telaio e tamponamento che comportano maggiori dispersioni di calore. La totale assenza di isolante incrementa il fabbisogno termico della struttura cui corrispondono maggiori consumi di combustibile.

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:

Figura 4.1 - Particolare facciata ovest fabbricato



- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
  - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
  - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all'aperto);
  - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;
  - ✓ Assenza di precipitazioni;
  - ✓ Superficie dell'oggetto di misura asciutta e priva di fonti termiche d'interferenza (es. assenza di fogliame sulla superficie);
  - ✓ Assenza di vento o correnti d'aria;
  - ✓ Assenza di fonti d'interferenza nell'ambiente di misura o nel percorso di trasmissione;
  - ✓ La superficie dell'oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota.
- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l'individuazione degli spessori dei principali componenti.

Figura 4.2 – Rilievo termografico parete al quarto piano



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

Le analisi termografiche condotte hanno permesso di identificare le discontinuità di trasmissione termica tra gli elementi opachi di separazione verso l'esterno; ma, considerando le elevate temperature esterne, non è stato possibile utilizzare i dati forniti dall'indagine per definire le effettive prestazioni dei pacchetti costruttivi presenti.

L'individuazione di questi ultimi è stata fatta consultando fonti bibliografiche dove, in relazione dell'anno di costruzione del fabbricato e delle dimensioni degli elementi, vengono riportate le principali soluzioni costruttive tipiche del periodo considerato con l'indicazione dei relativi valori di trasmittanza termica; i dati ricavati sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m <sup>2</sup> K]	
Copertura	COP1	33,7	Assente	1,429	scarso
Parete verticale	PE	36	Assente	1,362	scarso
Pavimento controterra	PAV	61	Assente	0,396	scarso

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto principalmente da serramenti con telaio in legno tenero e vetro singolo; solo al piano terra, occupato dalla scuola materna alcuni degli elementi sono stati sostituiti con serramenti in PVC.

Lo stato di conservazione degli elementi più datati è scadente, le loro scarse performance termoigrometriche sono causa di rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti ed elevate dispersioni termiche, questo comporta disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti



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

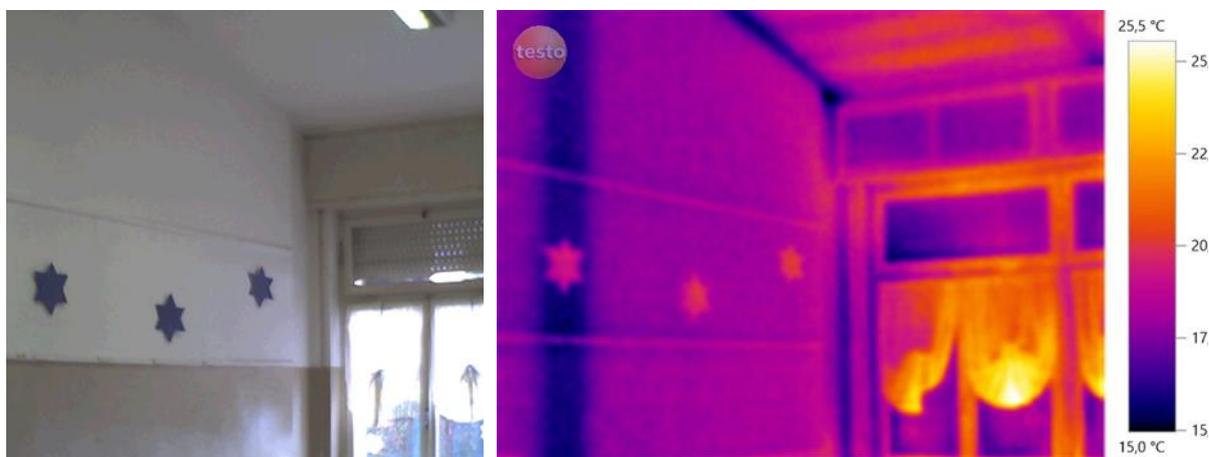
- Rilievo termografico;
- Rilievo delle caratteristiche dei vetri per mezzo dello spessivetro;
- Rilievo geometrico/dimensionale

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;

Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti in legno tenero è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.4 – Rilievo termografico serramenti sala mensa



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	W1	160x130	Legno tenero	Singolo	3,32	scarso
Serramento verticale	W2	245x140	PVC	vetrocamera	2,573	buono
Serramento verticale	W3	160x280	Legno tenero	Singolo	3,24	scarso
Serramento verticale	W4	160x165	Legno tenero	Singolo	3,315	scarso
Serramento verticale	W5	160x150	Legno tenero	Singolo	3,317	scarso
Serramento verticale	W6	50x208	Legno tenero	Singolo	3,688	scarso
Serramento verticale	W7	160x130	PVC	vetrocamera	2,705	buono
Portafinestra	W8	235x260	Legno tenero	Singolo	2,367	scarso
Portafinestra	W9	245x100	PVC	vetrocamera	2,646	buono
Serramento verticale	W10	200x100	Legno tenero	Singolo	3,545	scarso
Serramento verticale	W11	170x90	Legno tenero	Singolo	4,381	scarso
Serramento verticale	W12	160x315	Legno tenero	Singolo	4,191	scarso
Serramento verticale	W13	160x160	Legno tenero	Singolo	4,235	scarso
Serramento verticale	W14	100x430	Legno tenero	Singolo	4,404	scarso
Serramento verticale	W15	100x120	Legno tenero	Singolo	4,482	scarso
Serramento verticale	W16	100x60	Legno tenero	Singolo	4,48	scarso

Serramento verticale	W17	170x218	Legno tenero	Singolo	4,287	scarso
Portafinestra	W18	230x315	Legno tenero	Singolo	3,262	scarso
Portafinestra	W19	230x160	Legno tenero	Singolo	3,309	scarso
Serramento verticale	W20	190x80	Legno tenero	Singolo	3,445	scarso

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a condensazione installata in centrale termica che va ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dei radiatori e degli aerotermini installati nella palestra.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori in ghisa di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito.

I terminali sono per la maggior parte installati su parete esterna, sotto finestra, tranne alcuni elementi installati sui divisori interni.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 92 %

Figura 4.5 - Particolare radiatori su parete interna



Figura 4.6 – Particolare radiatore su parete esterna – scuola elementare



Figura 4.7 - Particolare radiatore su parete esterna – scuola materna



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola elementare	Radiatori	92,7%
Scuola materna	Radiatori	92,7%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4. La potenza unitaria dei corpi scaldanti è stata valutata considerando il fabbisogno termico di picco degli ambienti serviti, relazionato al numero di terminali rilevato in fase di sopralluogo.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatore a parete	24	2,2	53	Np	Np
Primo	Radiatore a parete	14	4,6	64	Np	Np
Secondo	Radiatore a parete	5	3	15	Np	Np
Terzo	Radiatore a parete	16	3,4	54	Np	Np
Quarto	Radiatore a parete	16	3,9	62	Np	Np
<b>TOTALE</b>				<b>~ 250</b>	<b>np</b>	<b>np</b>

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede due zone termiche, una per la scuola elementare e l'altra per la scuola materna; la regolazione, di tipo climatica esterna, agisce sul collettore principale di mandata che alimenta i due collettori, ciascuno a servizio della singola zona climatica. Ciascuno dei due stacchi di alimentazione dei radiatori è dotato di valvola miscelatrice a tre vie, che mitiga la portata proveniente dalla caldaia con il flusso di ritorno dall'impianto così da poter gestire temperature differenti rispetto a quelle del collettore principale.

Tra il circuito primario della caldaia ed il secondario è poi interposto uno scambiatore di calore che gestisce la temperatura di mandata al collettore principale.

Figura 4.8 - Particolare collettori di mandata e valvole a tre vie

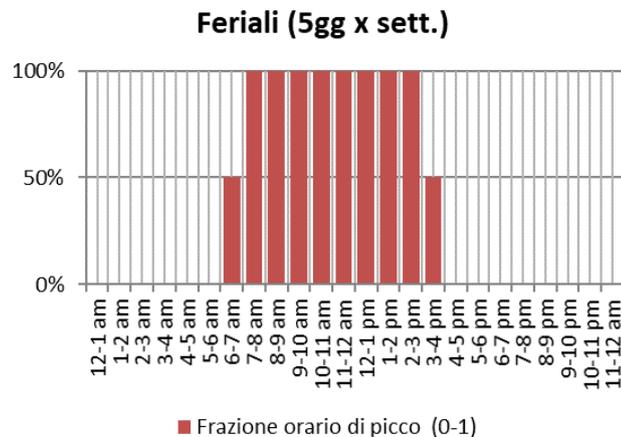


Figura 4.9 – Particolare scambiatore di calore



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per entrambe 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
Scuola elementare	Climatica esterna	72,4%
Scuola materna		

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia ed il collettore caldo

2) Circuito secondario di mandata ai radiatori e agli aerotermi (fluido termovettore acqua)

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione ad alta prevalenza interna al generatore di calore le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA <sup>(4)</sup>	PREVALENZA <sup>(4)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(4)</sup>
			[m <sup>3</sup> /h]	[kPa]	[kW]
Circolatore interno al GT	P1	mandata acqua calda a collettore	0 - 20	0 - 68	nd

Nota (4): Valori ricavati da dati di targa

Non è stato possibile rilevare le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario poiché assenti i termometri per la lettura.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(5)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Caldaia a condensazione	Mandata	Caldo	nd	60
	Ritorno	Caldo	nd	40

Nota (5): Valori ricavati in sede di sopralluogo

2) **Circuito secondario:** sono presenti due pompe di circolazione gemellari, una per ciascuna mandata dei due circuiti secondari così denominati:

- Zona 1: Scuola elementare
- Zona 2: Scuola materna

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA <sup>(6)</sup>	PREVALENZA <sup>(6)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(6)</sup>
			m <sup>3</sup> /h	kPa	kW
Zona 1	Scuola elementare	mandata acqua calda	5-60	2-8	1,39
Zona 2	Scuola materna	mandata acqua calda	0-30	1-6	0,76

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

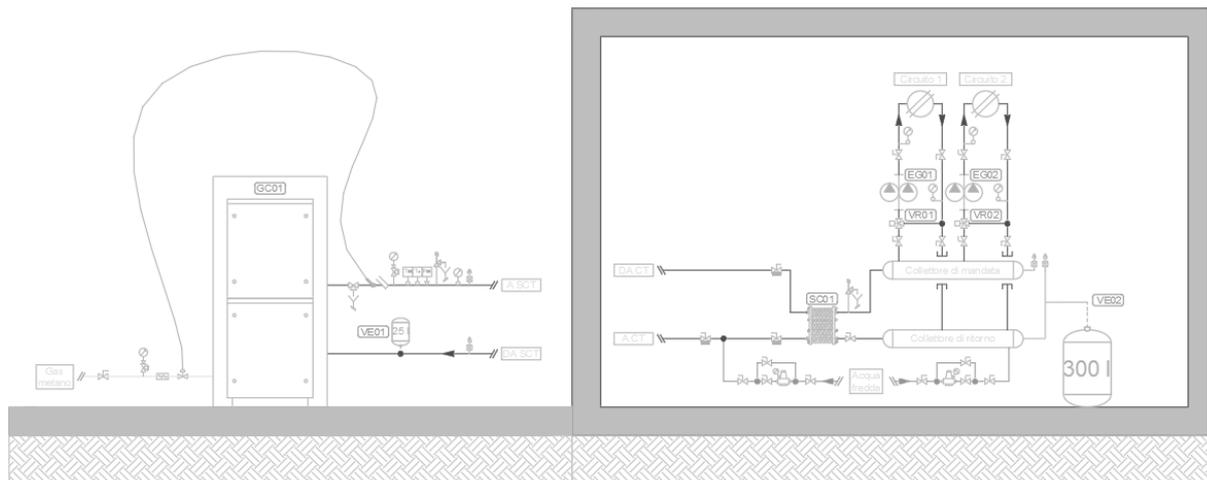
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9.; il  $\Delta T$  rilevato in fase di sopralluogo è inferiore rispetto a quello che viene utilizzato nella modellazione del comportamento termico/impiantistico del fabbricato, questo perché le condizioni climatiche esterne nei giorni in cui si sono svolte le attività di sopralluogo sono risultate essere più elevate rispetto alle medie del periodo e la richiesta termica degli ambienti è inferiore rispetto alle condizioni standard.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(7)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Zona 1	Mandata	Caldo	50	50
	Ritorno	Caldo	45	30
Zona 2	Mandata	Caldo	48	50
	Ritorno	Caldo	43	30

Nota (7): Valori rilevati il giorno 20/11/2017 alle ore 12.00, con una temperatura esterna di circa 13°C

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 056-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 90,7%. L'elenco dei componenti del sottosistema di distribuzione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.4 dell'Allegato J – Schede di audit.

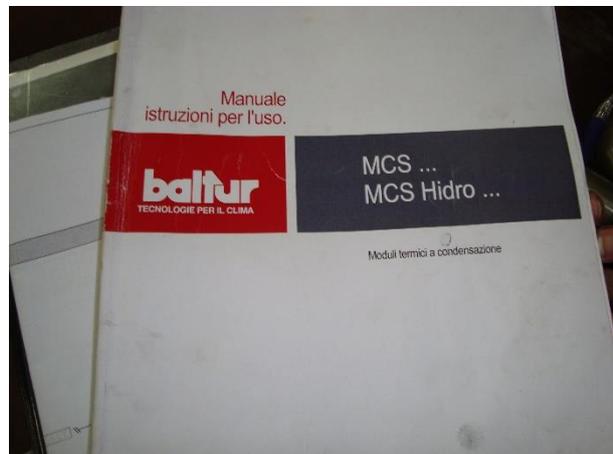
#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a condensazione, marca e Baltur modello MCS-400, installata all'esterno del fabbricato.

Figura 4.12 - Particolare generatore di calore



Figura 4.13 - Particolare manuale caldaia



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GT1 Riscaldamento	Baltur	MCS - 400	2014	480	40,47 – 404,7 (30/50°C) 37,3 - 373 (60/80°C)	97,10%	1,9

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 87%, mentre dalla prova fumi della caldaia il rendimento di combustione della caldaia è risultato essere pari a 97%.

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

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

La produzione di acqua calda sanitaria, per entrambe le scuole, è affidata a tre boiler elettrici installati nei blocchi servizi: bagni e cucine.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Figura 4.14 - Particolare boiler elettrico ACS



Tabella 4.11 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria da norma UNI TS 11300-2

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	-	-	38,5%	35,6%

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

Non presente impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva a servizio del fabbricato.

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

Non presente impianto di ventilazione meccanica a servizio del fabbricato.

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono legate principalmente alle attività didattiche svolte all'interno degli ambienti; si fa riferimento quindi ai pc del laboratorio di informatica, alle esigue lavagne interattive multimediali presenti e marginalmente a stampanti e distributori bevande/alimenti.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO	ORE/GIORNO
Utenze con profili di funzionamento variabili	Computer	15	200	2.250	195	0,9
	Stampante multifunzione	2	200	2100	21	0,1
	Stampante	1	22	22	21	0,1
	LIM	3	100	300	133	0,6
	Cappa	1	3.000	3.000	410	2,0
	Lavastoviglie	1	6.600	6.600	760	1,9
	Scaldavivande	1	1.200	1.200	195	0,9
Utenze con profili di funzionamento costanti	Distributori alimenti/bevande	1	300	300	~ 8760	~ 24
	frigorifero	1	500	500	~ 8760	~ 24

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

- Misure di assorbimento elettrico sulle principali linee di alimentazione dei carichi;
- Rilievo dei dati di targa delle utenze installate

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

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è prettamente costituito da lampade fluorescenti di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Il sistema di gestione dell'impianto di illuminazione è di tipo manuale, con accensione e spegnimento dei corpi illuminanti del tipo on/off e nessuna suddivisione delle accensioni all'interno degli ambienti.

Figura 4.15 - Particolare corpi illuminanti aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

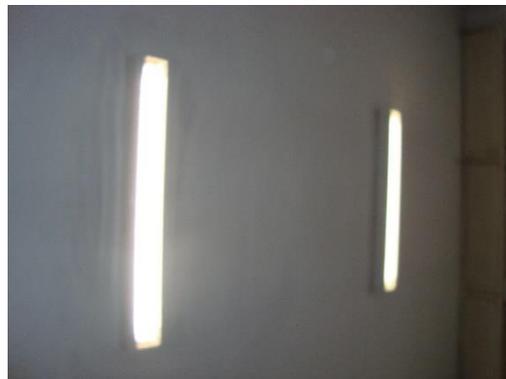
PIANO EDIFICIO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Piano Terra	fluorescenti 1x18W	2	18	36
	fluorescenti 1x58W	1	58	58
	fluorescenti 2x58W	34	116	3.944
Piano Primo	fluorescenti 1x58W	1	58	58
	fluorescenti 4x18W	4	72	288
	fluorescenti 2x58W	18	116	2.088
Piano Secondo	fluorescenti 2x58W	10	116	1.160
Piano Terzo	fluorescenti 1x58W	19	58	1.102
	fluorescenti 2x58W	26	116	3.016
Piano Quarto	fluorescenti 1x58W	11	58	638
	fluorescenti 2x58W	33	116	3.828

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.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella mensa



Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Non presente impianto di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

### 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

##### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, la produzione di ACS e la cucina della mensa 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	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm <sup>3</sup> ]	[kWh/Nm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	[kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(8)</sup>	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 <sup>(*)</sup>	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (8) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti;
- Usi cottura;

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano a servizio della mensa si basa sulla base de m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel biennio 2015-2016 mentre quella riferita ai consumi per l'impianto di riscaldamento e ACS si basa sulla base de m<sup>3</sup> annui di gas metano forniti dalla PA e riportati nel file Excel "kyotoBaseline-EXXXX\_rev09" (i valori sono quelli forniti dalla società di distribuzione).

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050525230	Riscaldamento	-	12.161	17.647	-	114.557	166.235
03270019535576	Uso cottura	-	566	516	-	5.332	4.861

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. L'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico per il riscaldamento è stato desunto dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA.

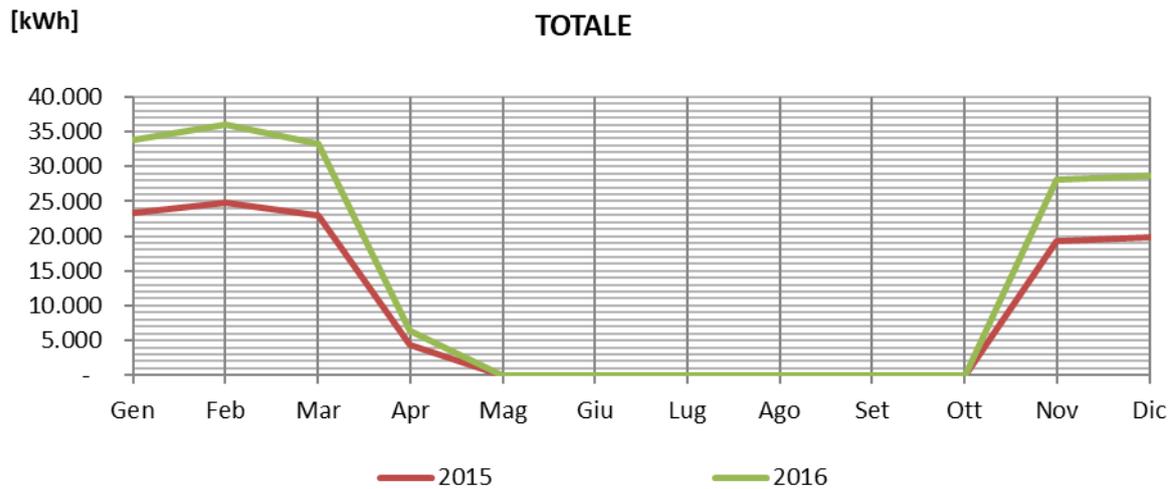
L'andamento mensile dei consumi è riportato nella Tabella 5.3.

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

PDR: 016220050525230	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
<b>Gennaio</b>	-	2.473	3.589	-	23.297	33.807
<b>Febbraio</b>	-	2.634	3.823	-	24.815	36.010
<b>Marzo</b>	-	2.437	3.537	-	22.960	33.318
<b>Aprile</b>	-	462	671	-	4.353	6.316
<b>Maggio</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Giugno</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Luglio</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Settembre</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Ottobre</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Novembre</b>	-	2.053	2.979	-	19.338	28.061
<b>Dicembre</b>	-	2.101	3.049	-	19.793	28.722
<b>Totale</b>	-	12.161	17.647	-	114.555	166.234

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici forniti



Dall'analisi effettuata è emerso che [il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore quasi nullo durante la stagione estiva e un valore di massimo prelievo, pari a circa 3.800 smc, durante la stagione invernale.

I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione e gli andamenti sono i medesimi nelle tre annualità considerate.

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, valutato considerando il numero di utenze.

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

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

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

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

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

quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REALI</sup> SU 103 GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU 103 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	848	867	-	-	-	-	-	-
2015	894	867	12161	114.555	128	111.095	-	-
2016	950	867	17647	166.234	175	151.710	-	-
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>867</b>	<b>14.904</b>	<b>140.395</b>	<b>151</b>	<b>131.403</b>		

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento costante dei consumi, con lievi scarti in funzione delle diverse condizioni climatiche esterne e dei profili di funzionamento degli impianti.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kWh]
$\bar{Q}_{ACS}$	-
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	132.019
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>132.019</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite due contatori, uno a servizio della scuola materna ed uno di quella elementare.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati. L'elenco delle fatture analizzate è riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
IT001E00096110	Scuola elementare	11.054	10.012	9.976	10.347
IT001E00096111	Scuola materna	15.177	11.746	14.871	13.931
<b>TOTALE</b>		<b>26.231</b>	<b>21.758</b>	<b>24.847</b>	<b>24.279</b>

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E998) ed è emerso come questi ultimi fossero più alti di quelli riportati nelle fatture fornite, in media del 10%.

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

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 24.279 kWh/anno.

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

POD: IT001E00096110	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	236	170	320	726
Feb - 14	887	149	93	1.129
Mar - 14	858	148	102	1.108
Apr - 14	785	129	107	1.021
Mag - 14	848	132	113	1.093
Giu - 14	640	95	100	835
Lug - 14	487	83	71	641
Ago - 14	491	86	75	652
Set - 14	843	125	89	1.057
Ott - 14	755	121	84	960
Nov - 14	728	103	79	910
Dic - 14	722	103	97	922
<b>Totale</b>	<b>8.280</b>	<b>1.444</b>	<b>1.330</b>	<b>11.054</b>
POD: IT001E00096110	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	843	129	94	1.066
Feb - 15	890	146	87	1.123
Mar - 15	861	136	98	1.095
Apr - 15	496	83	70	649
Mag - 15	756	133	102	991
Giu - 15	584	108	103	795
Lug - 15	95	28	28	151
Ago - 15	47	35	61	143
Set - 15	468	88	83	639
Ott - 15	917	171	101	1.189
Nov - 15	924	155	102	1.181
Dic - 15	758	123	109	990
<b>Totale</b>	<b>7.639</b>	<b>1.335</b>	<b>1.038</b>	<b>10.012</b>
POD: IT001E00096110	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	858	136	117	1.111
Feb - 16	751	133	104	988
Mar - 16	861	136	98	1.095
Apr - 16	786	127	96	1.009
Mag - 16	839	128	101	1.068
Giu - 16	672	103	99	874
Lug - 16	28	14	20	62
Ago - 16	27	9	19	55
Set - 16	709	107	87	903
Ott - 16	619	132	97	848

Nov - 16	837	133	94	1.064
Dic - 16	683	116	100	899
<b>Totale</b>	<b>7.670</b>	<b>1.274</b>	<b>1.032</b>	<b>9.976</b>

POD: IT001E00096111	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.608	221	425	2.254
Feb - 14	1.611	226	282	2.119
Mar - 14	1.495	212	303	2.010
Apr - 14	1.004	155	227	1.386
Mag - 14	586	123	235	944
Giu - 14	336	78	116	530
Lug - 14	156	39	49	244
Ago - 14	159	56	69	284
Set - 14	447	111	121	679
Ott - 14	712	135	143	990
Nov - 14	1.344	159	239	1.742
Dic - 14	1.251	224	520	1.995
<b>Totale</b>	<b>10.709</b>	<b>1.739</b>	<b>2.729</b>	<b>15.177</b>

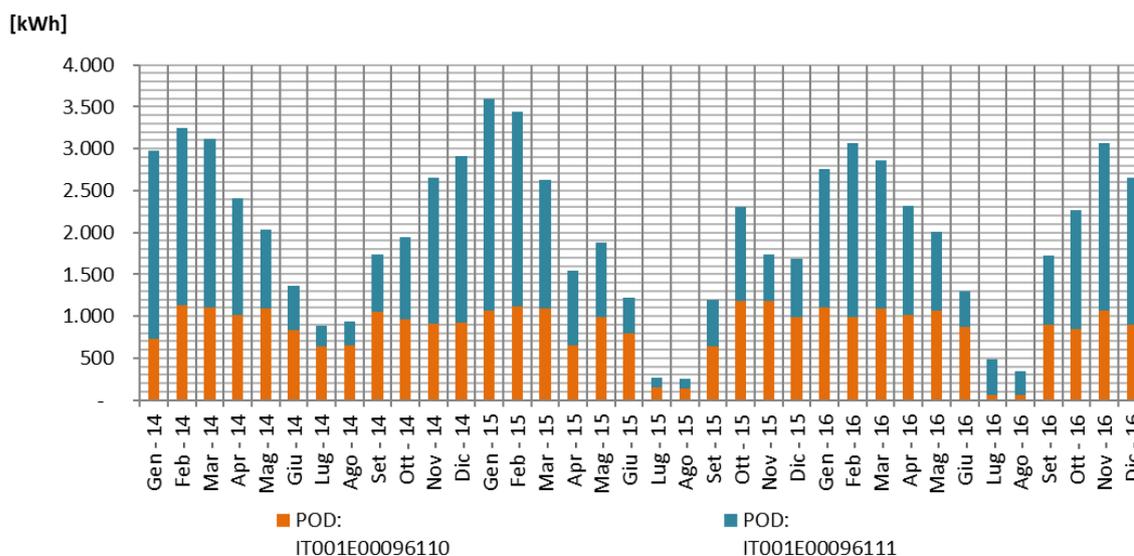
POD: IT001E00096111	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.434	393	697	2.524
Feb - 15	1.440	328	554	2.322
Mar - 15	1.024	200	313	1.537
Apr - 15	628	116	157	901
Mag - 15	553	141	195	889
Giu - 15	249	67	105	421
Lug - 15	52	25	39	116
Ago - 15	40	24	45	109
Set - 15	340	80	131	551
Ott - 15	831	157	132	1.120
Nov - 15	370	83	101	554
Dic - 15	514	87	101	702
<b>Totale</b>	<b>7.475</b>	<b>1.701</b>	<b>2.570</b>	<b>11.746</b>

POD: IT001E00096111	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.250	157	242	1.649
Feb - 16	1.434	259	381	2.074
Mar - 16	1.304	170	291	1.765
Apr - 16	873	162	273	1.308
Mag - 16	729	102	113	944
Giu - 16	241	72	112	425
Lug - 16	249	67	105	421
Ago - 16	105	63	119	287
Set - 16	567	141	109	817

Ott - 16	1.043	162	218	1.423
Nov - 16	1.464	179	361	2.004
Dic - 16	1.093	257	404	1.754
<b>Totale</b>	<b>10.352</b>	<b>1.791</b>	<b>2.728</b>	<b>14.871</b>

Si riporta di seguito un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi ai due POD interessati per il triennio di riferimento

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

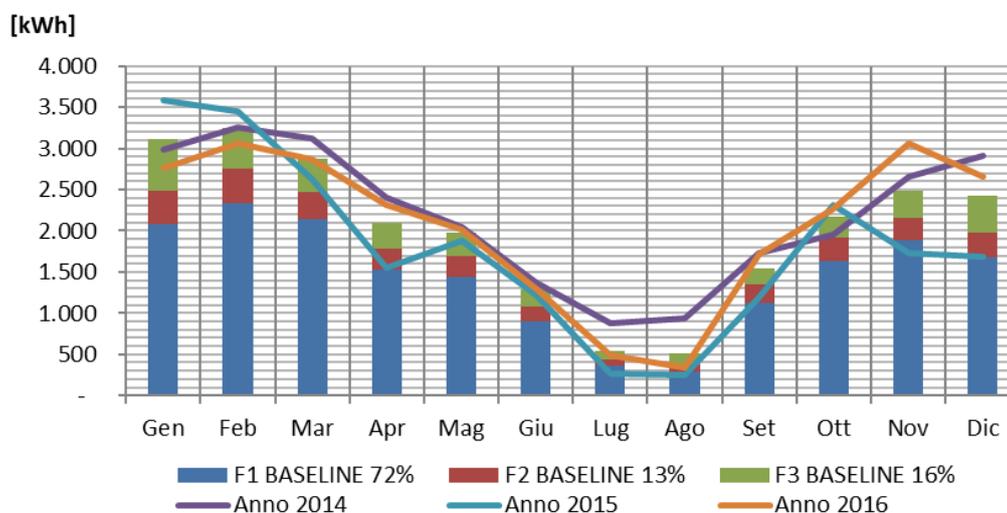
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.076	402	632	3.110
Febbraio	2.338	414	500	3.252
Marzo	2.134	334	402	2.870
Aprile	1.524	257	310	2.091
Maggio	1.437	253	286	1.976
Giugno	907	174	212	1.293
Luglio	356	85	104	545
Agosto	290	91	129	510
Settembre	1.125	217	207	1.549
Ottobre	1.626	293	258	2.177
Novembre	1.889	271	325	2.485
Dicembre	1.674	303	444	2.421
<b>Totale</b>	<b>17.375</b>	<b>3.095</b>	<b>3.809</b>	<b>24.279</b>

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

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

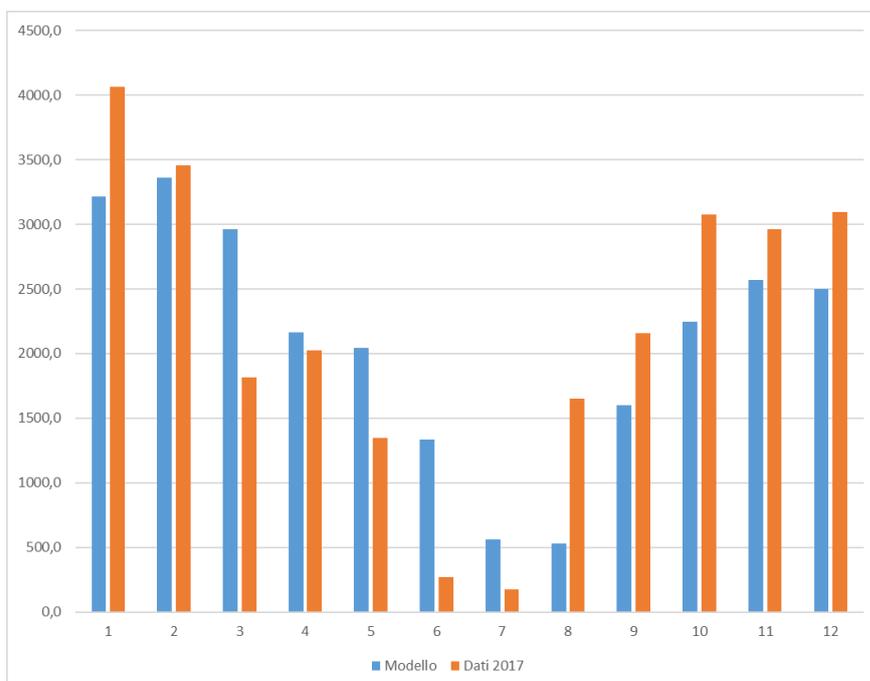


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti omogenei con punte nei mesi invernali e consumi minimi durante i mesi estivi.

Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica in quanto è presente un contatore con potenza inferiore a 55 kW.

Dall'analisi dei consumi fatturati è stato possibile però individuare una base costante di circa 540 kWh riconducibile ai consumi delle utenze sempre attive all'interno della scuola ed in particolare a distributore e frigorifero che presentano un funzionamento continuo durante l'anno.

Di seguito si riporta il grafico di confronto tra l'andamento mensile dei consumi relativa al 2017 e l'andamento ricavato dal modello di consumo dell'energia elettrica derivato dalle analisi sui profili di funzionamento delle utenze rilevate in fase 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
	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

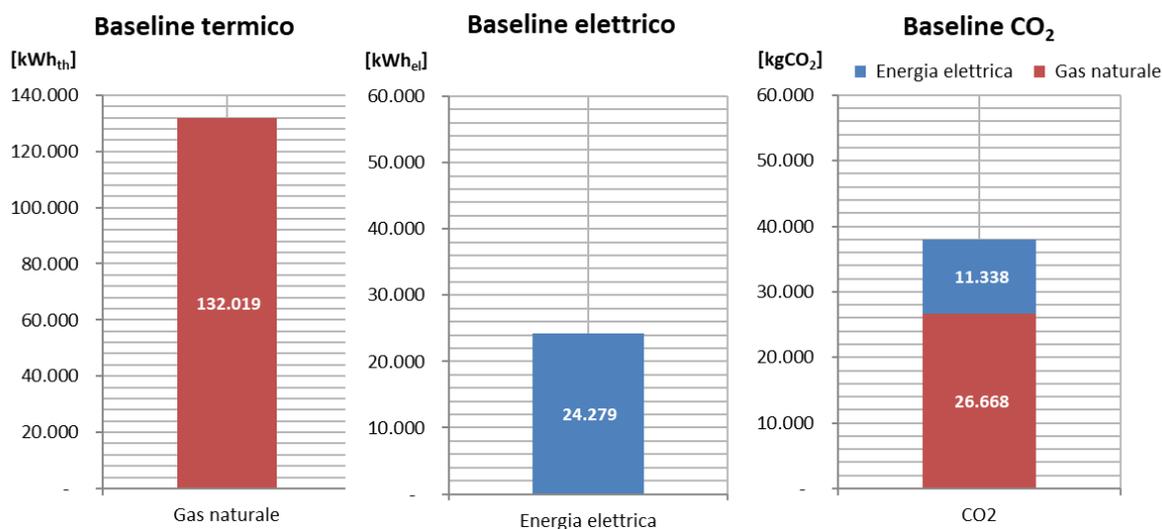
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO <sub>2</sub>
	[kWh]	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[kgCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	132.019	0,202	26.668
Energia elettrica	24.279	0,467	11.338
<b>TOTALE</b>			<b>38.006</b>

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e 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,ren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.632	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.972	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	7.868	m <sup>3</sup>

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

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

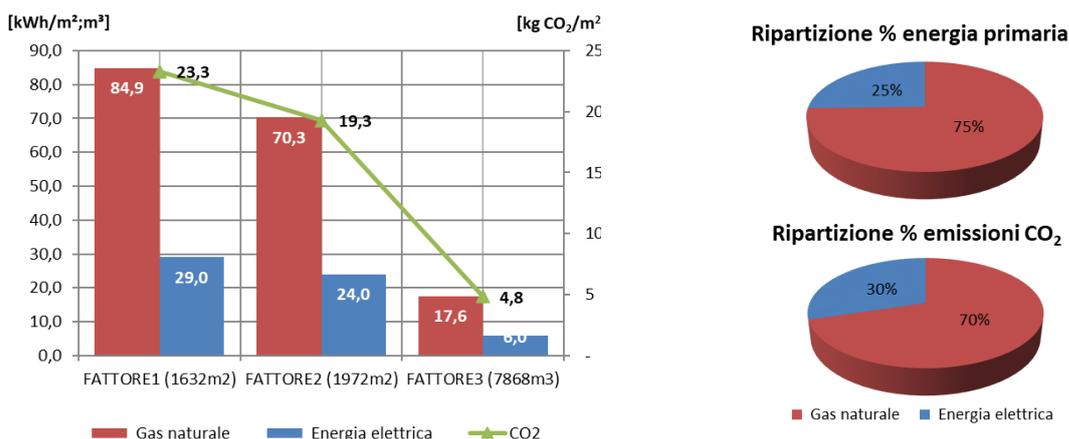
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	132.019	1,05	138.620	84,9	70,3	17,6	16,34	13,52	3,39
Energia elettrica	24.279	2,42	58.754	36,0	29,8	7,5	6,95	5,75	1,44
<b>TOTALE</b>			<b>197.375</b>	<b>121</b>	<b>100</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>5</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	132.019	1,05	138.620	84,9	70,3	17,6	16,34	13,52	3,39
Energia elettrica	24.279	1,95	47.343	29,0	24,0	6,0	6,95	5,75	1,44
<b>TOTALE</b>			<b>185.964</b>	<b>114</b>	<b>94</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>5</b>

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>



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

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

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore  $F_e$ );
- 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>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	12,22	8,72	12,07	-	-	-
Energia elettrica				11,67	9,68	11,06

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo degli indici di consumo sufficienti per quanto riguarda il vettore termico mentre per quello elettrico la classificazione è sufficiente.

Il confronto tra i benchmark della scuola oggetto di studio e quelli identificati dall'ENEA sono meglio esplicitati nell'Allegato M – Report di Benchmark.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	180,09	171,06
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	137,03	136,37
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	7,66	6,17
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	35,4	28,52
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	58.035	58.035

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	22.054	207.749
Energia Elettrica	-	25.135

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

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

Dove:

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

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

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

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

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno	103,31	99,17
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	84,05	83,66
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	7,45	6
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-

Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	11,81	9,51
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	33.379	33.379

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	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	13.535	127.500
Energia Elettrica	-	14.358

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $Q_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico ( $Q_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
127.496	132.019	4%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Per la definizione del modello teorico di fabbisogno elettrico si sono analizzate tutte le utenze rilevate in fase di sopralluogo, associando a ciascuna di esse dei profili di funzionamento che fossero i più rappresentativi della condizione reale di funzionamento del fabbricato.

In prima istanza si è definita la "base elettrica" andando ad evidenziare tutte quelle utenze che durante tutto l'arco dell'anno non subiscono interruzioni nel loro funzionamento, nel caso particolare a distributori di bevande e frigorifero, associando a ciascuna di esse un consumo medio giornaliero ricavato o dai dati del produttore o da bibliografia.

I consumi relativi alle utenze legate al funzionamento degli impianti di climatizzazione e produzione di ACS sono stati ricavati imputando tutte le caratteristiche tecniche dei componenti impiantistici nel modello energetico sviluppato con il software di calcolo EC700; i consumi associati a queste utenze sono infatti direttamente correlati ai profili di funzionamento degli impianti interessati.

Per quanto riguarda invece sistemi di illuminazione e carichi elettrici ausiliari, si sono modellati dei profili di funzionamento annui rispondenti a quanto rilevato in fase di sopralluogo.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
25.086	24.279	3%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

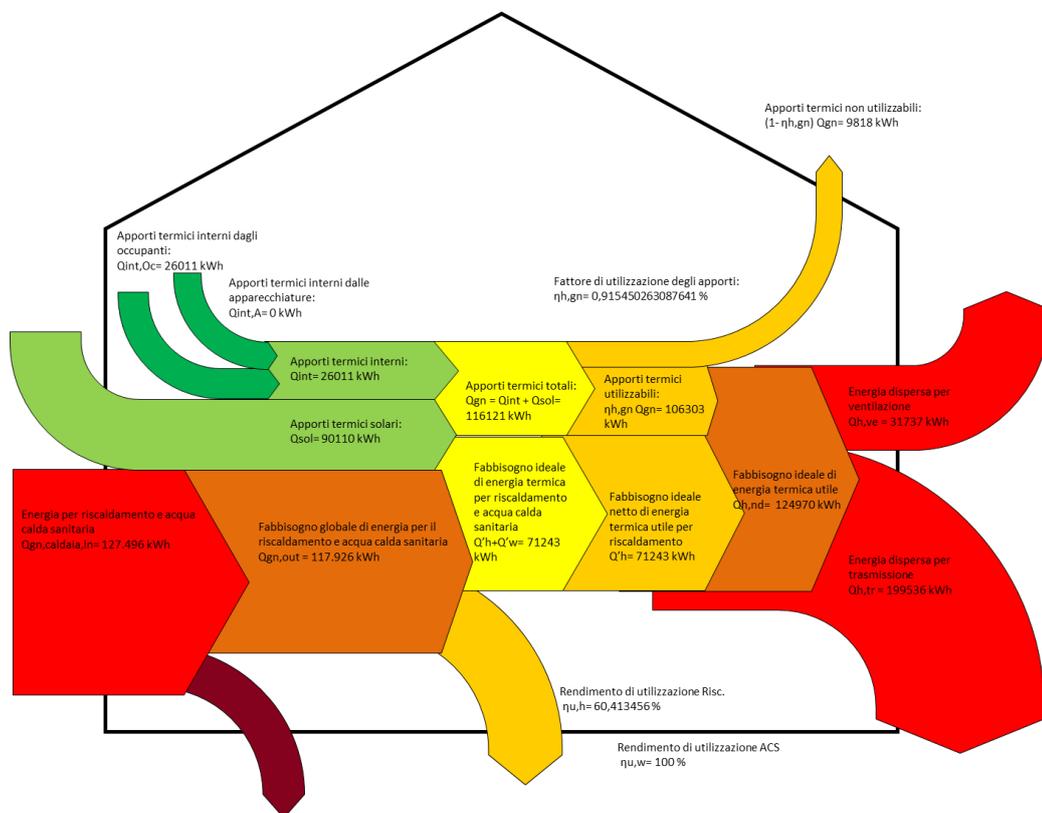
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

Nella redazione del modello non sono stati considerati gli apporti interni derivanti dalle apparecchiature presenti all'interno dei locali scolastici in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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

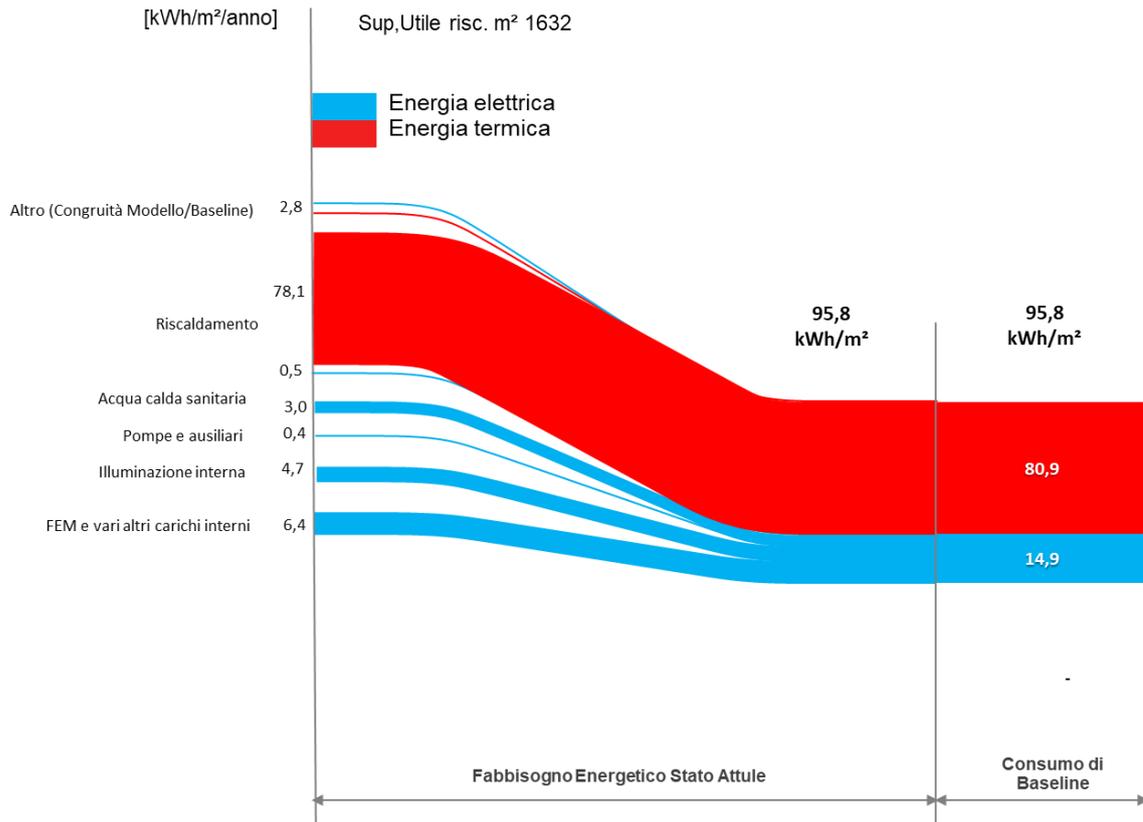
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

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

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

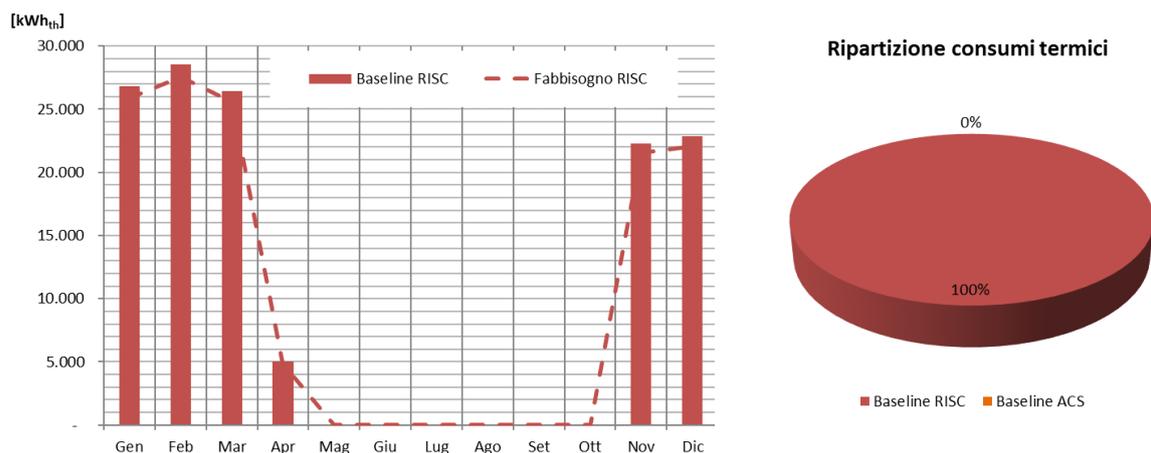
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruità" rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



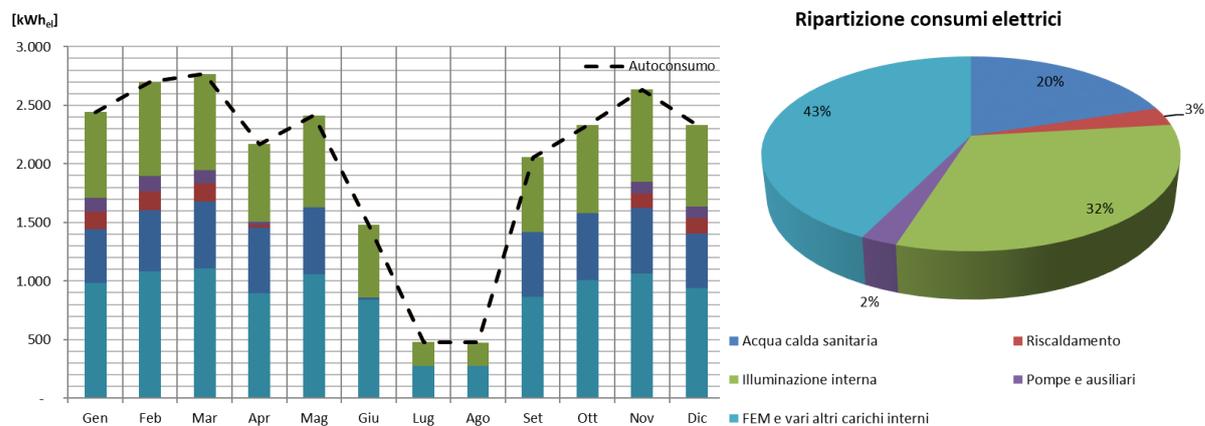
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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 alla forza motrice utilizzata per le utenze della mensa e successivamente per l'illuminazione.

Come anticipato nei paragrafi precedenti si rileva:

- una base di consumo di energia elettrica legata alle utenze costantemente attive;
- un aumento dei carichi della FEM durante i periodi di funzionamento della scuola, legato in particolar modo all'attività della cucina;
- un consumo legato all'illuminazione considerevole durante i mesi invernali e autunnali;
- un esiguo contributo degli ausiliari elettrici dell'impianto di riscaldamento durante la stagione invernale.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

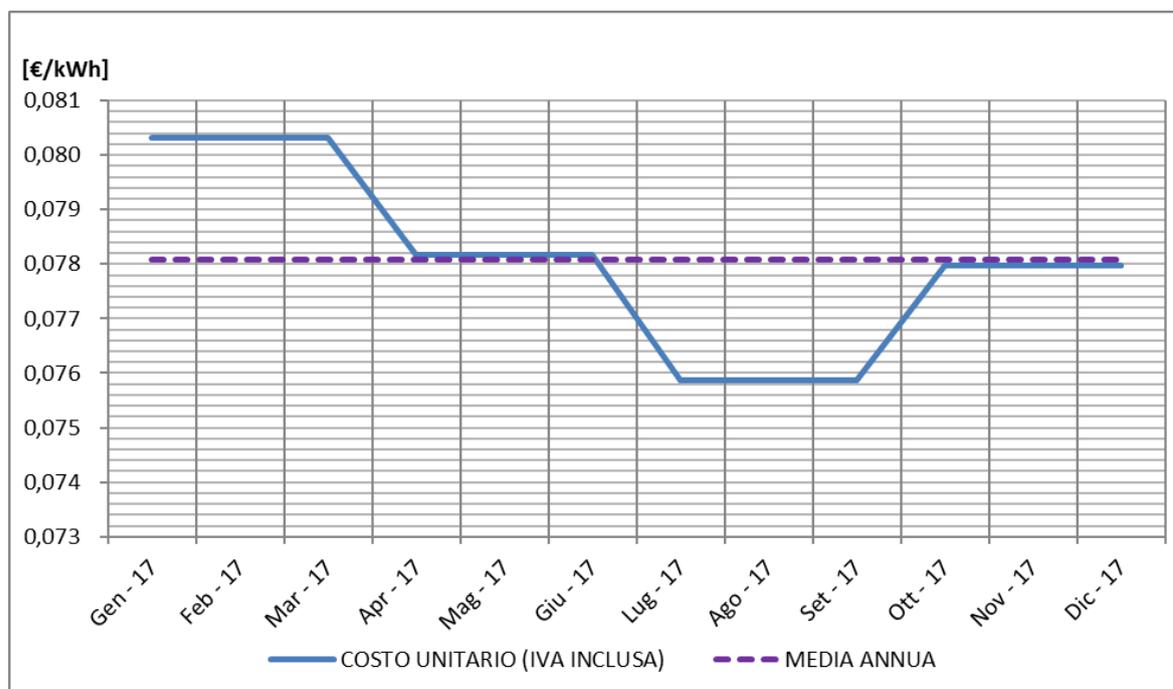
#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico, PDR 1 – 3270036859254, avviene tramite contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti.

Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' ARERA per le mensilità dell'anno 2017, riportate in Figura 7.1 .

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



#### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite due POD: POD – IT001E00096110 e POD - IT001E00096111, con 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096110	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			

## E0998 - Scuola elementare e materna "Don Bosco"

Dati di intestazione fattura		Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
Società di fornitura	<b>EDISON Energia SpA</b>	<b>GALA SpA</b>	<b>IREN Mercato SpA</b>	
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	05/2016	
Fine periodo fornitura	03/2015	04/2016	In essere	
Potenza elettrica impegnata	nd	nd	nd	
Potenza elettrica disponibile	16,5			
Tipologia di contratto	Forniture in BT			
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	contatore a fasce			
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,070 €/kWh	0,053 €/kWh	0,062 €/kWh	

POD: IT001E00096111	2014	2015	2016	
<b>Indirizzo di fornitura</b>				
Dati di intestazione fattura		Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
Società di fornitura	<b>EDISON Energia SpA</b>	<b>GALA SpA</b>	<b>IREN Mercato SpA</b>	
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	05/2016	
Fine periodo fornitura	03/2015	04/2016	In essere	
Potenza elettrica impegnata	nd	nd	nd	
Potenza elettrica disponibile	22 kW			
Tipologia di contratto	Forniture in BT			
Opzione tariffaria <sup>(9)</sup>	contatore a fasce			
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(10)</sup>	0,070 €/kWh	0,063 €/kWh	0,052 €/kWh	

Nota (9) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (10): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

POD: IT001E00096110	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	52	9	115	9	18	202	726	0,279
Feb - 14	90	15	141	14	26	286	1.129	0,253
Mar - 14	88	14	139	14	26	281	1.108	0,254
Apr - 14	81	18	135	13	25	271	1.021	0,266
Mag - 14	87	19	141	14	26	286	1.093	0,261
Giu - 14	66	14	121	10	21	232	835	0,278
Lug - 14	10	11	93	8	12	134	641	0,208
Ago - 14	5	1	61	1	7	74	652	0,114
Set - 14	84	17	138	13	25	277	1.057	0,262
Ott - 14	76	14	133	12	23	258	960	0,269
Nov - 14	71	13	129	11	22	247	910	0,271
Dic - 14	70	14	130	12	22	247	922	0,268

Totale	778	159	1.474	131	254	2.796	11.054	0,253
POD: IT001E00096110	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	78	14	145	13	25	276	1.066	0,259
Feb - 15	79	15	150	14	26	284	1.123	0,253
Mar - 15	74	14	148	14	25	275	1.095	0,251
Apr - 15	37	57	54	8	16	172	649	0,265
Mag - 15	38	57	56	8	16	176	991	0,177
Giu - 15	36	18	57	9	12	131	795	0,165
Lug - 15	32	58	55	8	15	167	151	1,109
Ago - 15	31	58	56	8	15	168	143	1,175
Set - 15	29	58	51	8	15	161	639	0,251
Ott - 15	32	58	64	9	16	179	1.189	0,151
Nov - 15	32	58	67	9	17	183	1.181	0,155
Dic - 15	33	58	70	10	17	188	990	0,190
<b>Totale</b>	<b>531</b>	<b>523</b>	<b>973</b>	<b>118</b>	<b>215</b>	<b>2.360</b>	<b>10.012</b>	<b>0,236</b>
POD: IT001E00096110	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	52	55	93	14	21	235	1.111	0,212
Feb - 16	40	55	82	12	19	208	988	0,211
Mar - 16	59	55	93	14	22	244	1.095	0,223
Apr - 16	56	50	87	13	21	226	1.009	0,224
Mag - 16	59	53	92	13	22	240	1.068	0,224
Giu - 16	53	50	78	11	19	211	874	0,241
Lug - 16	4	43	18	1	7	72	62	1,161
Ago - 16	4	43	17	1	6	70	55	1,277
Set - 16	55	52	80	11	20	218	903	0,241
Ott - 16	96	50	76	11	23	257	848	0,303
Nov - 16	64	61	95	13	23	257	1.064	0,241
Dic - 16	78	51	80	11	22	241	899	0,269
<b>Totale</b>	<b>620</b>	<b>619</b>	<b>891</b>	<b>125</b>	<b>225</b>	<b>2.480</b>	<b>9.976</b>	<b>0,249</b>

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

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

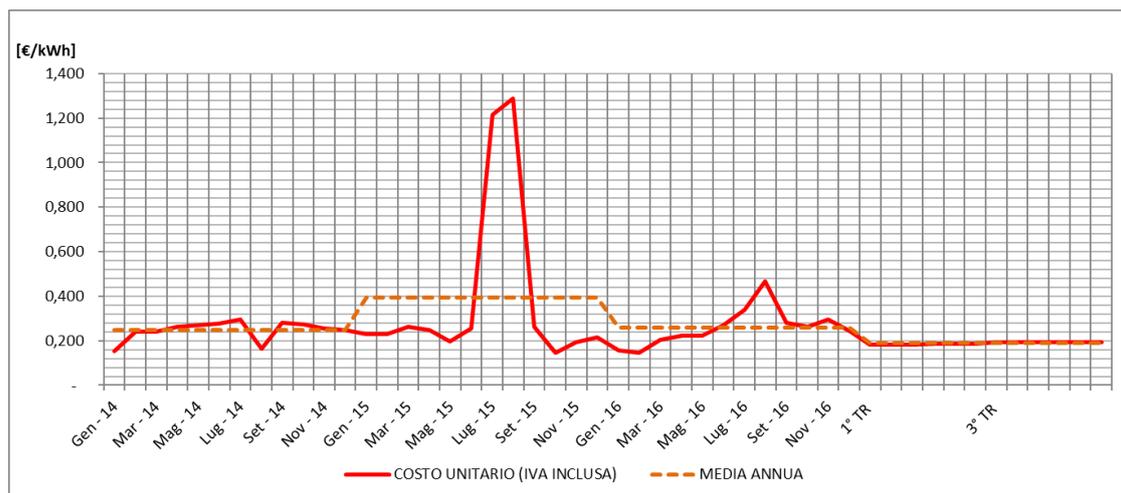
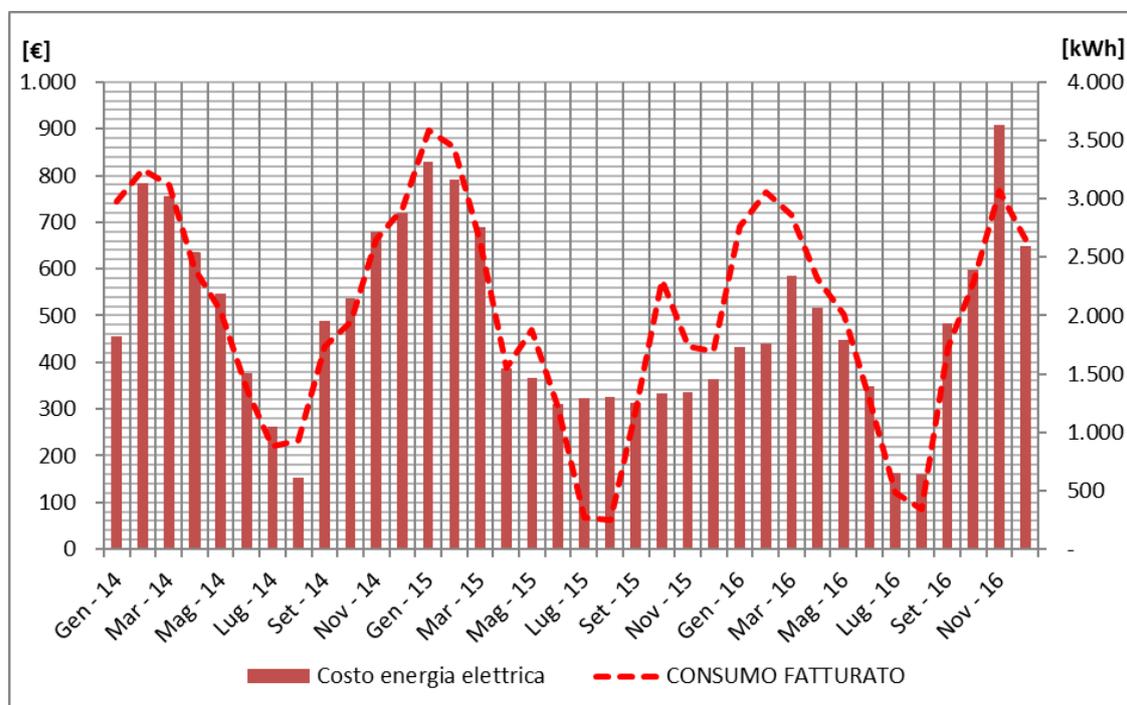


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi, ad eccezione dell'anno 2014, è omogeneo tra le quattro annualità considerate.

## 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	0	nd	-	26.231	6.392	0,244	nd
2015	114555	nd	-	21.758	5.735	0,264	nd

2016	166234	nd	-	24.847	5.735	0,231	nd
2017	-	10.573	0,0801	-	4.568	0,188	15.140

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>Q</sub> 0,0801	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>EE</sub> 0,188	[€/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:

- L1-042-082

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a **23.379,82 €**.

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A, come per quelli relativi all'edificio oggetto di analisi, all'interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C<sub>M</sub> sono stimati come segue:

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

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C<sub>MO</sub>) e in una quota straordinaria (C<sub>MS</sub>) come segue:

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub> 10.118	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 2.690	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

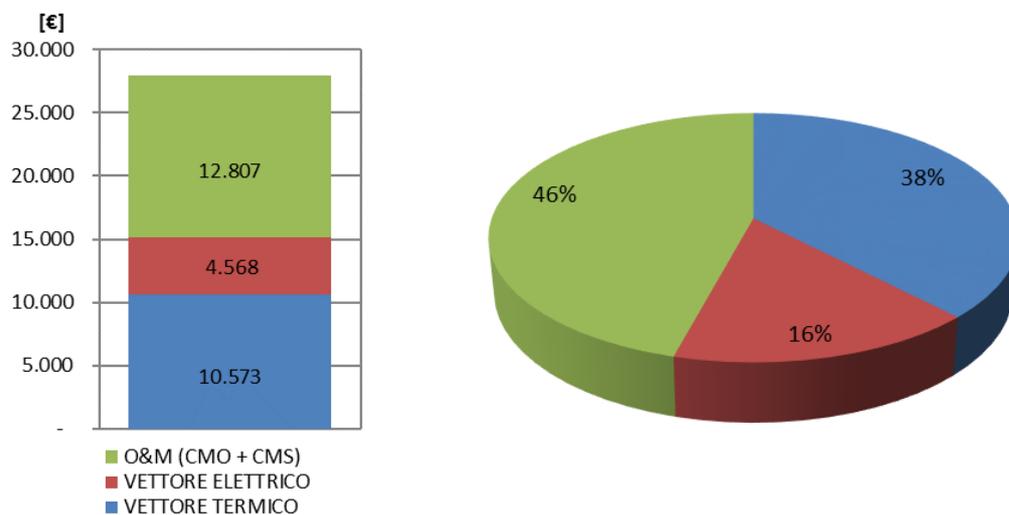
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 21.712 € e un  $C_{baseline}$  pari a 30.005 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ + CEE + CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
132.019	0,080	10.573	24.279	0,188	4.568	12.807	10.118	2.690	27.947

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

Gli interventi di efficientamento definiti per l'edificio oggetto di analisi sono stati individuati prendendo in considerazione due principali fattori: l'incidenza che gli interventi avrebbero sul bilancio energetico globale del fabbricato ed il costo a questi associato.

Per tale ragione ci si è concentrati sui consumi legati all'impianto di riscaldamento invernale, prevedendo in particolare il riammodernamento dell'impianto di riscaldamento, con l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti e la riduzione del fabbisogno termico dell'edificio con la sostituzione degli attuali serramenti con elementi più performanti.

Non è stata presa in considerazione la realizzazione di interventi di efficientamento dell'impianto di produzione di ACS poiché l'incidenza sul totale dei consumi è risultata essere limitata.

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: Sostituzione Serramenti

###### Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione dei serramenti, ormai obsoleti, rilevati in fase di sopralluogo.

Si propone la rimozione dei serramenti vetro singolo e telaio in legno tenero con elementi in PVC con vetrocamera e telaio a taglio termico. Le prestazioni termiche del componente saranno rispondenti a quanto previsto dalla normativa vigente per le nuove costruzioni, così che l'intervento possa anche beneficiare del contributo del Conto Termico.

Figura 8.1 – Particolare dei serramenti esistenti



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

Rimozione infissi in alluminio per la successiva posa in opera di serramenti in PVC.

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, attraverso il sollevamento degli stessi verso l'alto ed il loro spostamento all'interno dell'ambiente. Viene rimossa poi la ferramenta esistente (cerniere, maniglie) con l'ausilio di attrezzature elettriche portatili (avvitatori elettrici). Vengono quindi ripuliti i telai fissi in legno da eventuali chiodi, vecchie pitture e stuccature con attrezzature manuali ed elettriche portatili e, a copertura degli stessi, vengono posti in opera manualmente mediante sigillatura siliconica gli imbotti di PVC. I telai mobili, analogamente alla struttura fissa, vengono sollevati ed alloggiati in opera nelle relative cerniere con utensili manuali. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffetta fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

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

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti

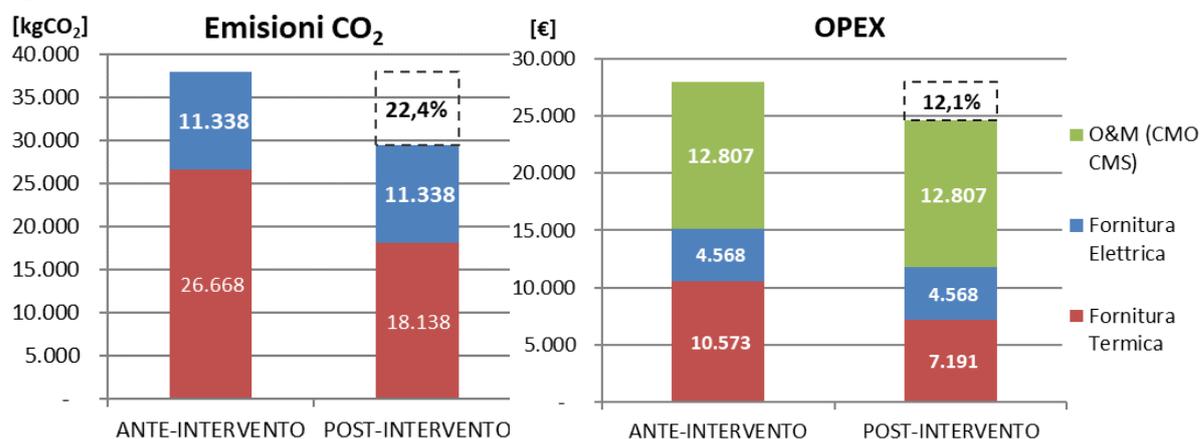
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	4	1,2	70,0%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	127.496	86.716	32,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.086	25.086	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	132.019	89.793	32,0%

EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	24.279	24.279	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	26.668	18.138	32,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.338	11.338	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.006	29.476	22,4%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.573	7.191	32,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.568	4.568	0,0%
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	15.140	11.759	22,3%
C <sub>MO</sub>	[€]	10.118	10.118	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.690	2.690	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	12.807	12.807	0,0%
OPEX	[€]	27.947	24.566	12,1%
Classe energetica		E	D	+ 1 classe

Nota (11) 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 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



## 8.1.2 Impianto riscaldamento

### EEM2: Installazione Termovalvole

#### Generalità

Uno degli interventi proposti vede l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio.

L'intervento ha la finalità di rendere maggiormente confortevoli gli ambienti interni del fabbricato, dando la possibilità agli occupanti di definire il livello di temperatura interna desiderato evitando così situazioni di sovrariscaldamento o di scarso comfort termico che spesso si è rilevato durante le attività di sopralluogo.

#### Prestazioni raggiungibili

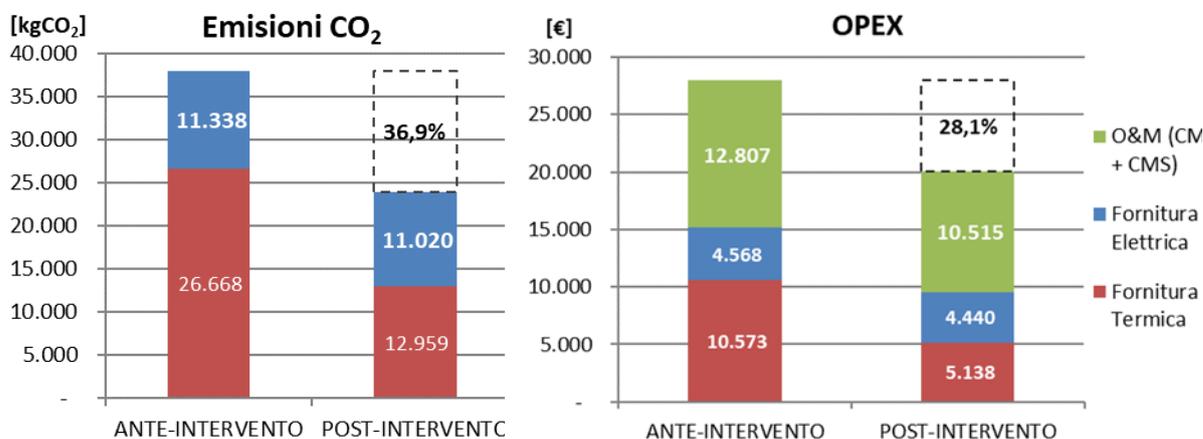
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3. oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EM2 [Parametro caratteristico dell'intervento]</b>	$\eta$	81,4	98,7	-21,3%
<b>Q<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	127.496	61.957	51,4%
<b>EE<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	25.086	24.383	2,8%
<b>Q<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	132.019	64.155	51,4%
<b>EE<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	24.279	23.598	2,8%
<b>Emiss. CO2 Termico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	26.668	12.959	51,4%
<b>Emiss. CO2 Elettrico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.338	11.020	2,8%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.006	23.980	36,9%
<b>Fornitura Termica, C<sub>Q</sub></b>	[€]	10.573	5.138	51,4%
<b>Fornitura Elettrica, C<sub>EE</sub></b>	[€]	4.568	4.440	2,8%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	[€]	15.140	9.577	36,7%
<b>C<sub>MO</sub></b>	[€]	10.118	8.094	20,0%
<b>C<sub>MS</sub></b>	[€]	2.690	2.421	10,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	[€]	12.807	10.515	17,9%
<b>OPEX</b>	[€]	27.947	20.092	28,1%
<b>Classe energetica</b>		E	E	-

Nota (12) 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 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,177 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM2: 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

#### EEM3: Sostituzione Corpi illuminanti

##### Generalità

Durante le attività di sopralluogo svolte sono stati rilevati tutti i corpi di illuminazione presenti nell'edificio, per la quasi totalità di tipo fluorescente. Si propone dunque la sostituzione degli elementi con profili di utilizzo prolungati con soluzioni a LED, così da limitare il consumo di energia elettrica del fabbricato.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento riguarda in particolare le aule e gli spazi comuni dell'edificio, come atri e corridoi, caratterizzati da profili di accensione degli apparecchi più prolungati rispetto ad altre zone funzionali, dove si prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza; una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente.

È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort. Allo stato attuale verrà proposta una sostituzione 1:1 degli elementi presenti.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4. Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente.

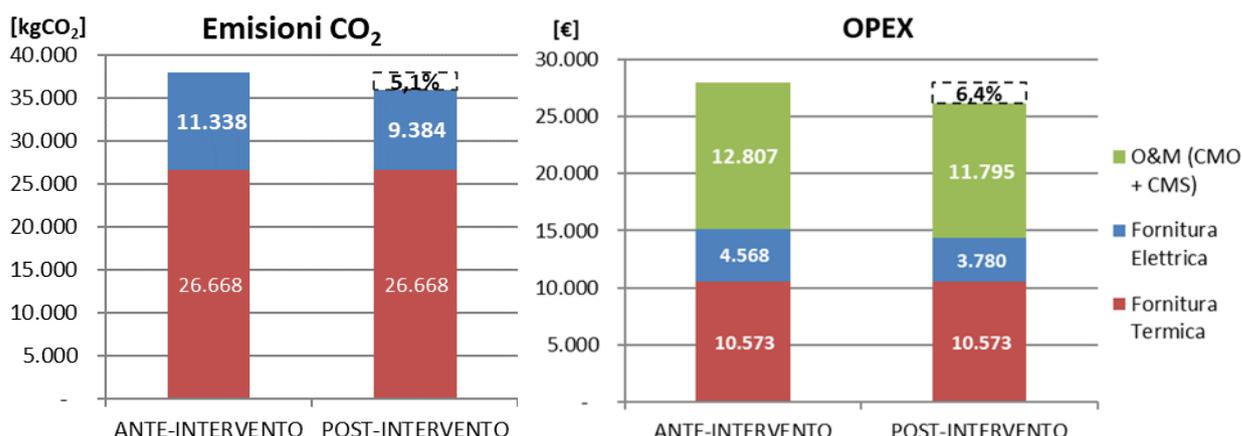
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EM3 [Parametro caratteristico dell'intervento]</b>	<b>[W]</b>	116	48	58,6%
<b>Q<sub>teorico</sub></b>	<b>[kWh]</b>	127.496	127.496	0,0%
<b>EE<sub>teorico</sub></b>	<b>[kWh]</b>	25.086	20.762	17,2%
<b>Q<sub>baseline</sub></b>	<b>[kWh]</b>	132.019	132.019	0,0%
<b>EE<sub>baseline</sub></b>	<b>[kWh]</b>	24.279	20.094	17,2%
<b>Emiss. CO2 Termico</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	26.668	26.668	0,0%
<b>Emiss. CO2 Elettrico</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	11.338	9.384	17,2%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	38.006	36.052	5,1%
<b>Fornitura Termica, C<sub>Q</sub></b>	<b>[€]</b>	10.573	10.573	0,0%
<b>Fornitura Elettrica, C<sub>EE</sub></b>	<b>[€]</b>	4.568	3.780	17,2%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	15.140	14.353	5,2%
<b>C<sub>MO</sub></b>	<b>[€]</b>	10.118	9.106	10,0%
<b>C<sub>MS</sub></b>	<b>[€]</b>	2.690	2.690	0,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>[€]</b>	12.807	11.795	7,9%
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	27.947	26.148	6,4%
<b>Classe energetica</b>		E	E	-

Nota (13) 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 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,177 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### EEM1: Sostituzione serramenti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera b), i quali possono essere quantificati come descritto al paragrafo 9.3.2.

La scelta di ricorrere al prezzario DEI piuttosto che al Prezzario Regione Liguria è stata quindi dettata dall'esigenza di prevedere delle soluzioni tecnologiche che, per le caratteristiche prestazionali offerte, consentissero l'accesso a forme incentivanti quali il "Conto Termico".

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione serramenti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
25.A05.F10.020	Rimozione senza recupero di serramenti, in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare, per misurazione minima 2 m <sup>2</sup>	Prezzario Regione Liguria	487	m2	€ 30,11	€ 27,37	€ 13.340,10	22%	€ 16.274,92
205071d	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e retrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria	Prezzario DEI	187	cad	€ 520,00	€ 472,73	€ 88.410,03	22%	€ 107.860,24

	classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug = 1,1 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK, Rw = 35 dB: portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)								
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	88	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 609,30	22%	€ 743,34
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	73	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 782,20	22%	€ 954,28
25.A80.A30.010	Solo posa in opera di finestra o portafinestrain alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio.	Prezziario Regione Liguria	487	mq	€ 48,53	€ 44,12	€ 21.501,00	22%	€ 26.231,22
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 3.739,28	22%	€ 4.561,92
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 8.724,98	22%	€ 10.644,48
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 137.107</b>	<b>22%</b>	<b>€ 167.270</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>						<b>€ 66.908,16</b>	
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 13.381,63</b>	

### EEM2: Installazione Termovalvole

Nella Figura 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella installazione di termovalvole sui radiatori esistenti.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione termovalvole

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria	119	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 3.831,80	22%	€ 4.674,80
PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80,	Prezziario Regione Liguria	2	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 8.340,38	22%	€ 10.175,27

PN6, prevalenza da  
1 a 12 m, portata  
da 1 a 58 m³/h

40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 176,98	22%	€ 215,92
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	125	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 3.622,73	22%	€ 4.419,73
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 479,78	22%	€ 585,33
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.119,48	22%	€ 1.365,76
<b>TOTALE</b>							<b>€ 17.592</b>	<b>22%</b>	<b>€ 21.462</b>

### EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f).

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					PREZZARIO	SCONTATO			
					[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
045160d	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: monolampada: lunghezza 1.600 mm, 28 W, 4.540 lm	DEI Imp. Ele. 2017	14	cad	€ 162,61	€ 147,83	€ 2.069,58	22%	€ 2.524,89



045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Ele. 2017	Imp. 117	cad	€ 185,50	€ 168,64	€ 19.730,45	22%	€ 24.071,15
045159e	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in materiale plastico autoestinguente e schermo in metacrilato, apparecchio in classe II con grado di protezione IP 55: cablata per lampade fluorescenti: per 2 lampade fluorescenti da 9 W, con interruttore crepuscolare a soglia di intervento regolabile da 5 a 50 lux, per accensione automatica	DEI Ele. 2017	Imp. 2	cad	€ 83,03	€ 75,48	€ 150,96	22%	€ 184,18
043128	Apparecchio di illuminazione a led per controsoffitti modulari e in cartongesso, anche per sostituzione apparecchi a lampade fluorescenti 4 x 18 W, con alimentatore esterno, temperatura di colore 4000 K, bordo perimetrale in alluminio, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 20, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, potenza 42 W, equivalente a 100 W a fluorescenza	DEI Ele. 2017	Imp. 4	cad	€ 107,21	€ 97,46	€ 389,85	22%	€ 475,62
205015f	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 1 x 58 W	DEI Ele. 2017	Imp. 14	cad	€ 11,36	€ 10,33	€ 144,58	22%	€ 176,39
205015g	Rimozione di plafoniera per	DEI Ele. 2017	Imp. 117	cad	€ 13,39	€ 12,17	€ 1.424,21	22%	€ 1.737,54

	lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 58 W									
205015a	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 1 x 18 W	DEI Ele. 2017	Imp. 2	cad	€ 8,76	€ 7,96	€ 15,93	22%	€ 19,43	
205015c	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 4 x 18 W	DEI Ele. 2017	Imp. 4	cad	€ 11,61	€ 10,55	€ 42,22	22%	€ 51,51	
M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Ele. 2016	Imp. 14	€/ora	€ 26,78	€ 24,35	€ 340,84	22%	€ 415,82	
M01004a	Operaio edile comune	DEI Ele. 2016	Imp. 14	€/ora	€ 24,12	€ 21,93	€ 306,98	22%	€ 374,52	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 738,47	22%	€ 900,93	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.774,79	22%	€ 2.165,24	
<b>TOTALE (I0 – EEM1)</b>							<b>€ 27.129</b>	<b>22%</b>	<b>€ 33.097</b>	
<b>Incentivi</b>									<b>€ 13.238,89</b>	
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€ 2.647,78</b>	

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)

- $S_{int}$ : superficie12 oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **1000mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **33 €**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo $I_{max}$ [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade ad alta efficienza	15 €/m <sup>2</sup>	30.000
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m <sup>2</sup>	70.000

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

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale;

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### **EEM1: Sostituzione serramenti**

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	167.270
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%

Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>
Tempo di rientro semplice	TRS	40,8	40,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	62,5	62,5
Valore attuale netto	VAN	- 89.593	- 89.593
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,2%	-2,2%
Indice di profitto	IP	-0,54	-0,54

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

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

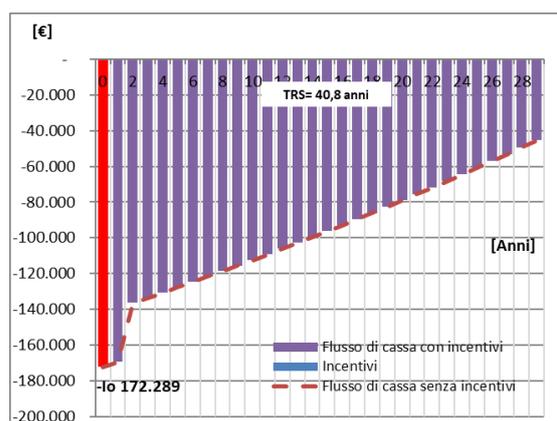
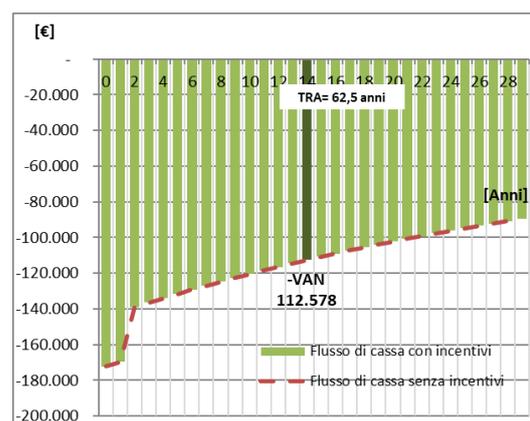


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno superiori ai 30 anni.

### EEM2: Installazione termovalvole

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I <sub>0</sub>	€	21.462
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>

Tempo di rientro semplice	TRS	2,8	2,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,2	3,2
Valore attuale netto	VAN	54.365	54.365
Tasso interno di rendimento	TIR	33,0%	33,0%
Indice di profitto	IP	2,53	2,53

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

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

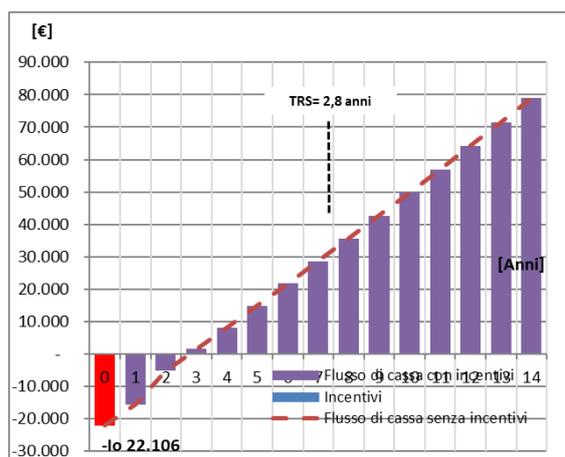
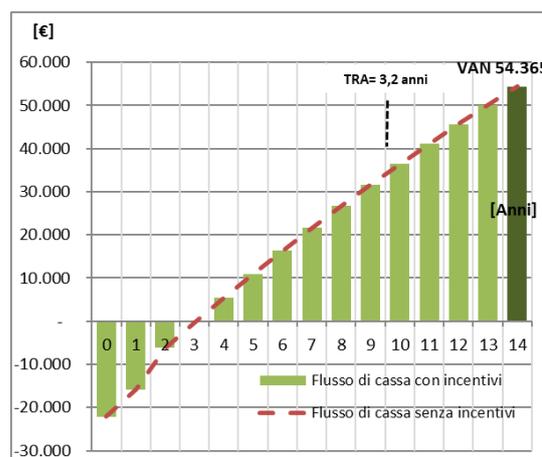


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 2 anni.

### EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	33.097
Oneri Finanziari % <sub>0</sub>	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	2.648
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	16,4	9,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,6	10,3
Valore attuale netto	VAN	- 19.441	- 7.654
Tasso interno di rendimento	TIR	-17,7%	-4,0%
Indice di profitto	IP	-0,59	-0,23

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

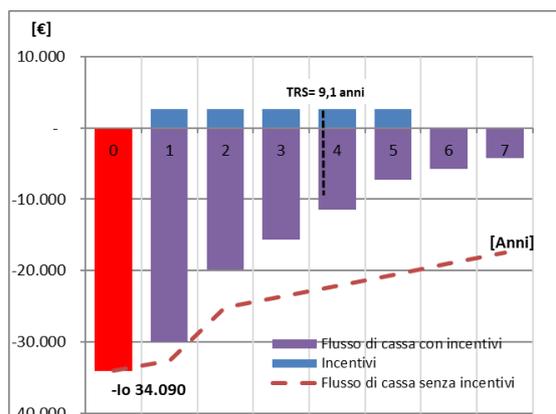
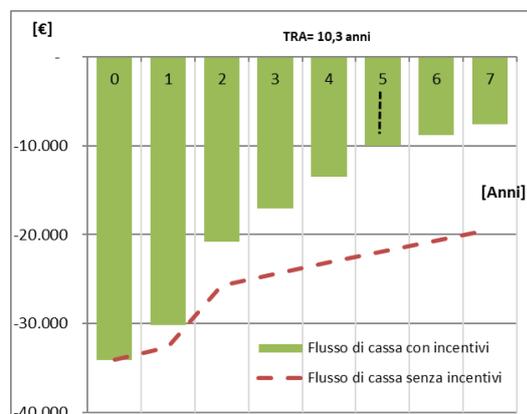


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, nonostante la forma incentivante del conto termico, non risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno maggiori di 8 anni.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA 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 [-]
EEM 1	22%	22%	3.382	0	0	167.270	40,8	62,5	30	-89.593	-2,2%	-0,54
EEM 2	37%	37%	5.563	2.024	269	21.462	2,8	3,2	15	54.365	33,0%	2,53
EEM 3	5%	5%	787	1.012	0	33.097	16,4	18,6	8	-19.441	-17,7%	-0,59

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che senza l'accesso alle forme incentivanti solo l'intervento delle termovalvole sarebbe economicamente sostenibile.

Tabella 9.8 – 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 [-]
EEM 1	22%	22%	3.382	0	0	167.270	40,8	62,5	30	-89.593	-2,2%	-0,54
EEM 2	37%	37%	5.563	2.024	269	21.462	2,8	3,2	15	54.365	33,0%	2,53
EEM 3	5%	5%	787	1.012	0	33.097	9,1	10,3	8	-7.654	-4,0%	-0,23

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie all'accesso alla forma incentivante del conto termico tutti gli interventi risultano essere economicamente convenienti.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- $Kd$  è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- $Ke$  è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- $D$  è il Debito, pari a 80% di  $I_0$
- $E$  è l'Equity, pari a 20% di  $I_0$
- $\frac{D}{D+E}$  è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- $\tau$  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:

- $FCO_n$  sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- $K_n$  è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- $I_n$  è la quota interessi da ripagare nell'anno n-esimo.

- 2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

- $s$  è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$  è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- $FCO_n$  è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- $D$  è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- $i$  è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- $R$  è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinata 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+EEM3:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti e l'installazione di termovalvole
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3 :**Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione dei serramenti e dei corpi illuminanti e l'installazione di termovalvole

### 9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM3

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

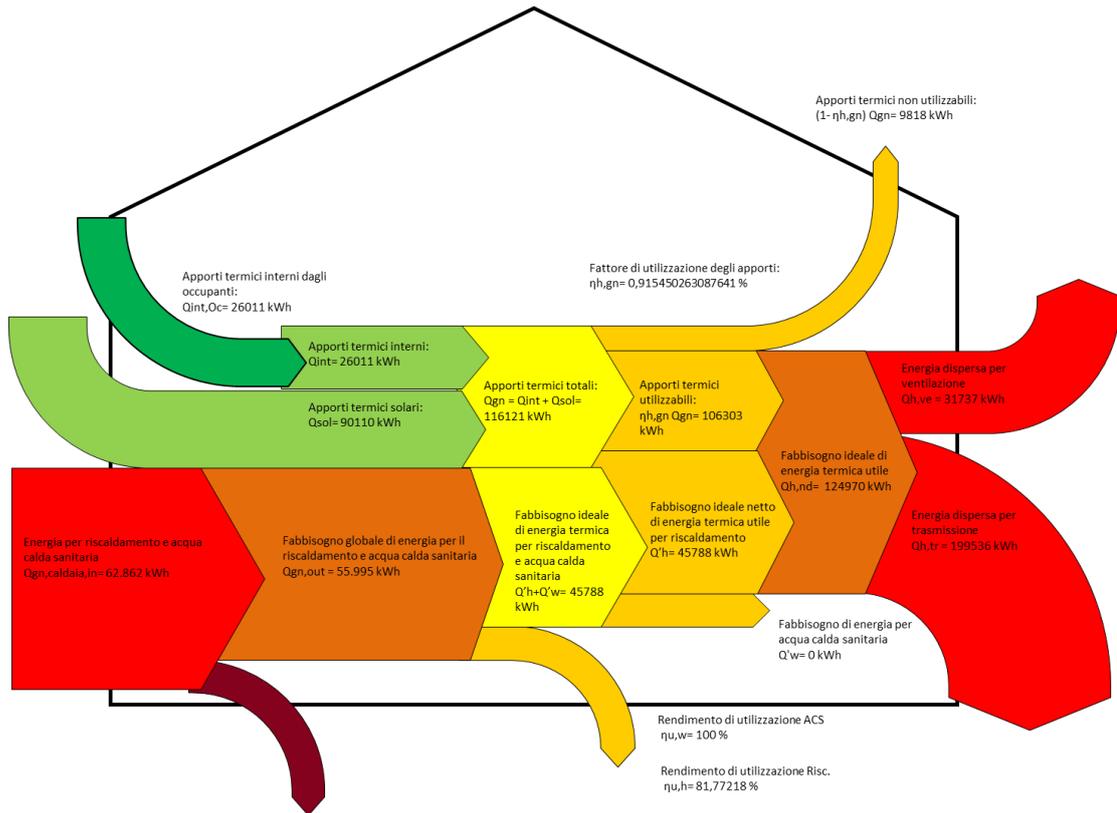
- EEM2: sostituzione corpi illuminanti
- EEM3: installazione di termovalvole

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AI 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	15.993	3.518	19.511
EEM3 Fornitura & Posa	24.616	5.415	30.031
Costi per la sicurezza	1.218	268	1.486
Costi per la progettazione	2.894	637	3.531
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>44.721</b>	<b>9.839</b>	<b>54.559</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	8.094	2.421	10.515
EEM3 O&M	9.106	2.690	11.795
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>7.082</b>	<b>2.421</b>	<b>9.503</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	13.239	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		2.648	

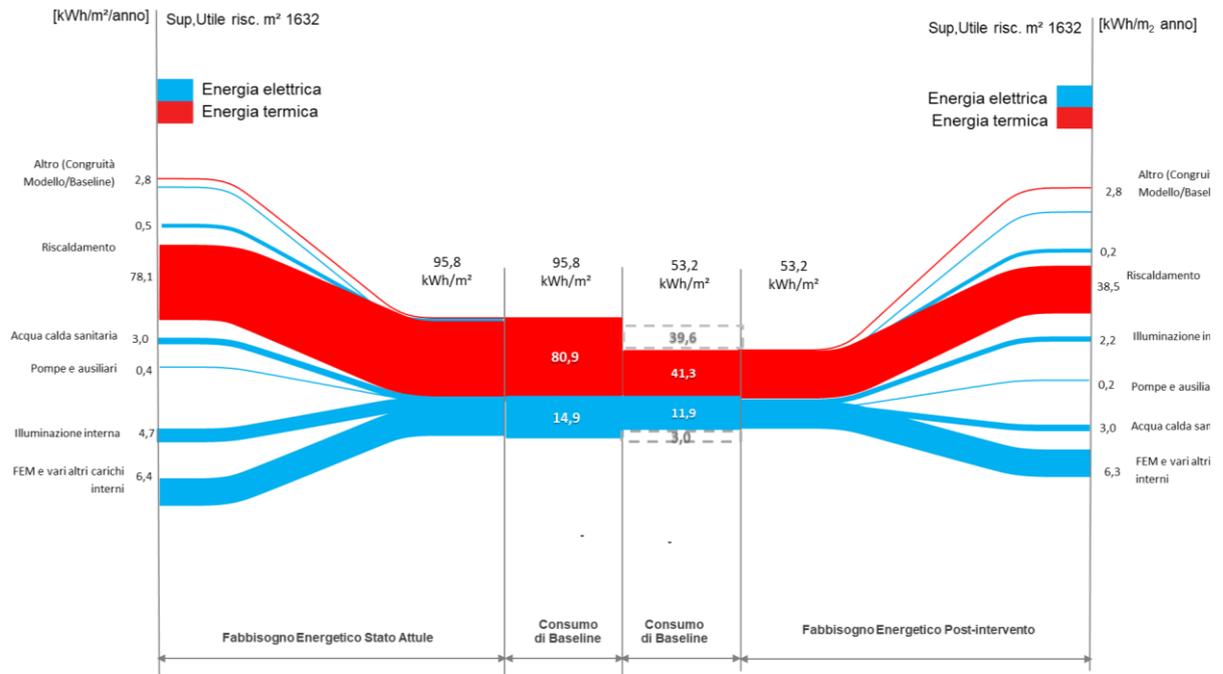
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.7 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

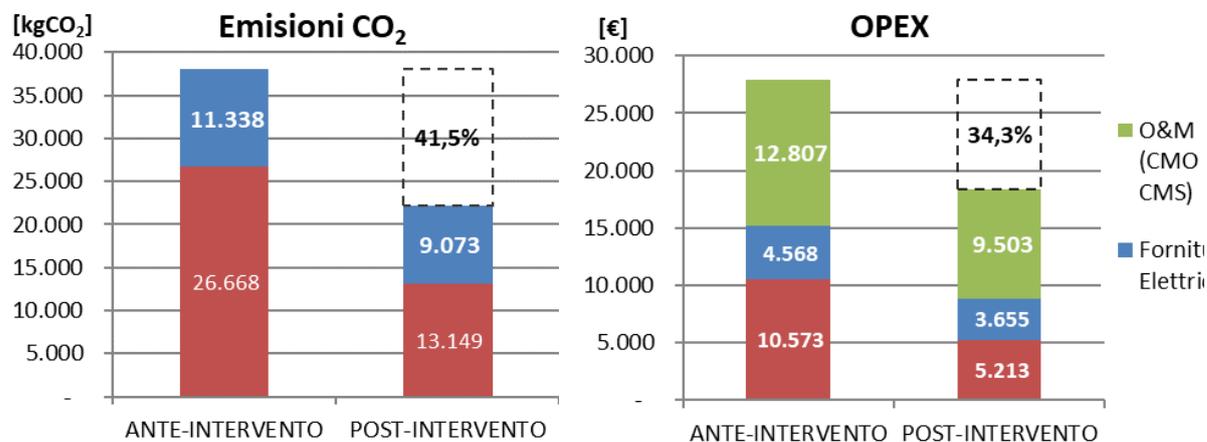
Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 –EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EEM2 - Rendimento</b>	%	81,4	98,7	-21,3%
<b>EEM3 – potenza installata</b>	[W]	116	48	58,6%
<b>Q<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	127.496	62.862	50,7%
<b>EE<sub>teorico</sub></b>	[kWh]	25.086	20.074	20,0%
<b>Q<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	132.019	65.092	50,7%
<b>EE<sub>baseline</sub></b>	[kWh]	24.279	19.428	20,0%
<b>Emiss. CO2 Termico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	26.668	13.149	50,7%
<b>Emiss. CO2 Elettrico</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.338	9.073	20,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.006	22.222	41,5%
<b>Fornitura Termica, C<sub>Q</sub></b>	[€]	10.573	5.213	50,7%
<b>Fornitura Elettrica, C<sub>EE</sub></b>	[€]	4.568	3.655	20,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	[€]	15.140	8.868	41,4%
<b>C<sub>MO</sub></b>	[€]	10.118	7.082	30,0%
<b>C<sub>MS</sub></b>	[€]	2.690	2.421	10,0%
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	[€]	12.807	9.503	25,8%
<b>OPEX</b>	[€]	27.947	18.371	34,3%
<b>Classe energetica</b>	[-]	E	E	-

 Figura 9.9 - 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 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM1+EEM2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n <sub>o</sub>	2020
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CDP</sub>	0,02

Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	<b>f</b>	0,005
deriva dell'inflazione	<b>f'</b>	0,007
%, interessi debito	<b><math>k_D</math></b>	0,038
%, interessi equity	<b><math>k_E</math></b>	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,039
Aliquota fiscale	<b><math>\tau</math></b>	0,279
Anni debito (finanziamento)	<b><math>n_D</math></b>	5
Anni Equity	<b><math>n_E</math></b>	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	<b><math>I_D</math></b>	54.559
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	1.637
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	56.196
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,8
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,2
Debito	<b><math>I_D</math></b>	44.957
Equity	<b><math>I_E</math></b>	11.239
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	4,55
Rata annua debito	<b>q<sub>D</sub></b>	9.891
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	<b>q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub></b>	49.455
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	4.498

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>E0</sub></b>	15.035
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>M0</sub></b>	12.913
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	<b>C<sub>Baseline</sub></b>	27.947
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>Altro</sub></b>	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>	41%
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>	26%
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%C<sub>Baseline</sub></b>	3%
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	8.350
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	838
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	53.034
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	11.434
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	14
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	120%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	4.825
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	321
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	2.366
Canone O&M €/anno	<b>C<sub>nM</sub></b>	9.948
Canone Energia €/anno	<b>C<sub>nE</sub></b>	9.649
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nS</sub></b>	19.597
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nD</sub></b>	7.512
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>C<sub>n</sub></b>	27.109
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	22%
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	9.839

Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	13.239
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	5,48
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	6,09
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	45.052
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,17
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,83
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	5
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	6
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	29.004
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,39
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,11
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	3,22
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	0,53

Figura 9.10 – SCN1: Flussi di cassa del progetto

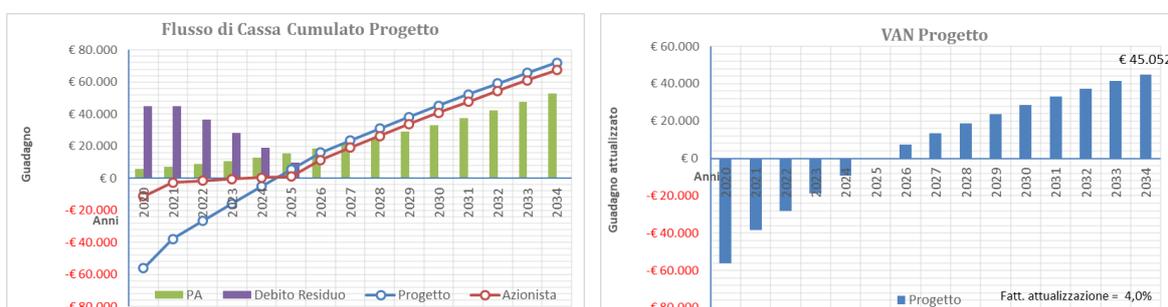


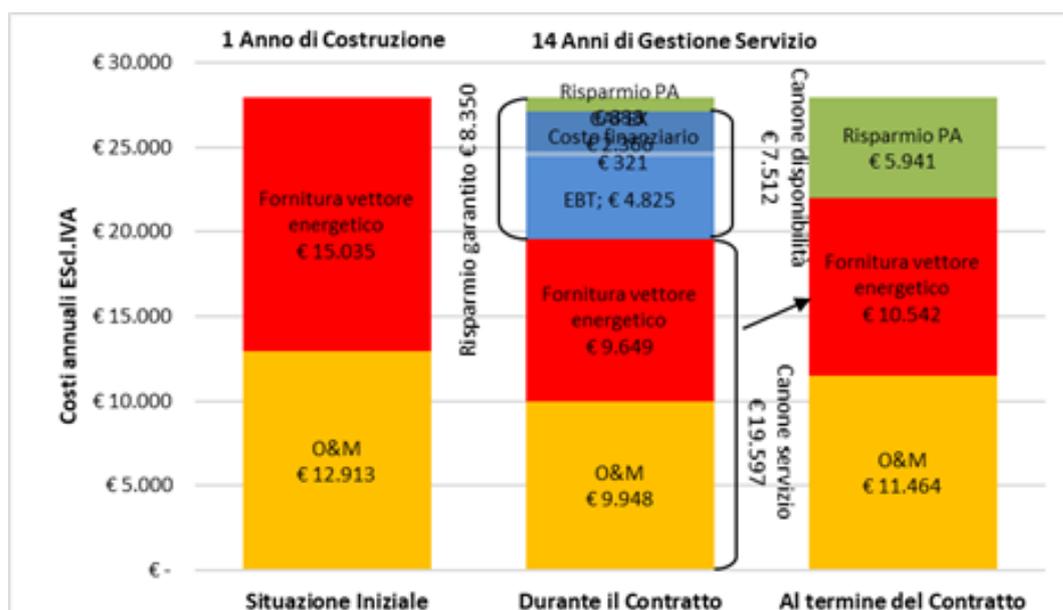
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente entrambi i soggetti, PA ed ESCO.

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 9.12.

Figura 9.12 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



### 9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:

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

- EEM1: sostituzione serramenti
- EEM2: sostituzione corpi illuminanti
- EEM3: installazione di termovalvole

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	124.643	27.421	152.064
EEM2 Fornitura & Posa	15.993	3.518	19.511
EEM3 Fornitura & Posa	24.616	5.415	30.031
Costi per la sicurezza	4.958	1.091	6.048
Costi per la progettazione	11.619	2.556	14.175
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>181.828</b>	<b>40.002</b>	<b>221.830</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	10.118	2.690	12.807
EEM2 O&M	8.094	2.421	10.515
EEM3 O&M	9.106	2.690	11.795
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>7.082</b>	<b>2.421</b>	<b>9.503</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>80.147</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>16.029</b>	

Per lo scenario proposto è possibile considerare anche il contributo incentivante "Conto Termico" per la sostituzione dei serramenti; l'intervento congiuntamente all'installazione delle termovalvole consente infatti di poter accedere all'incentivo.

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

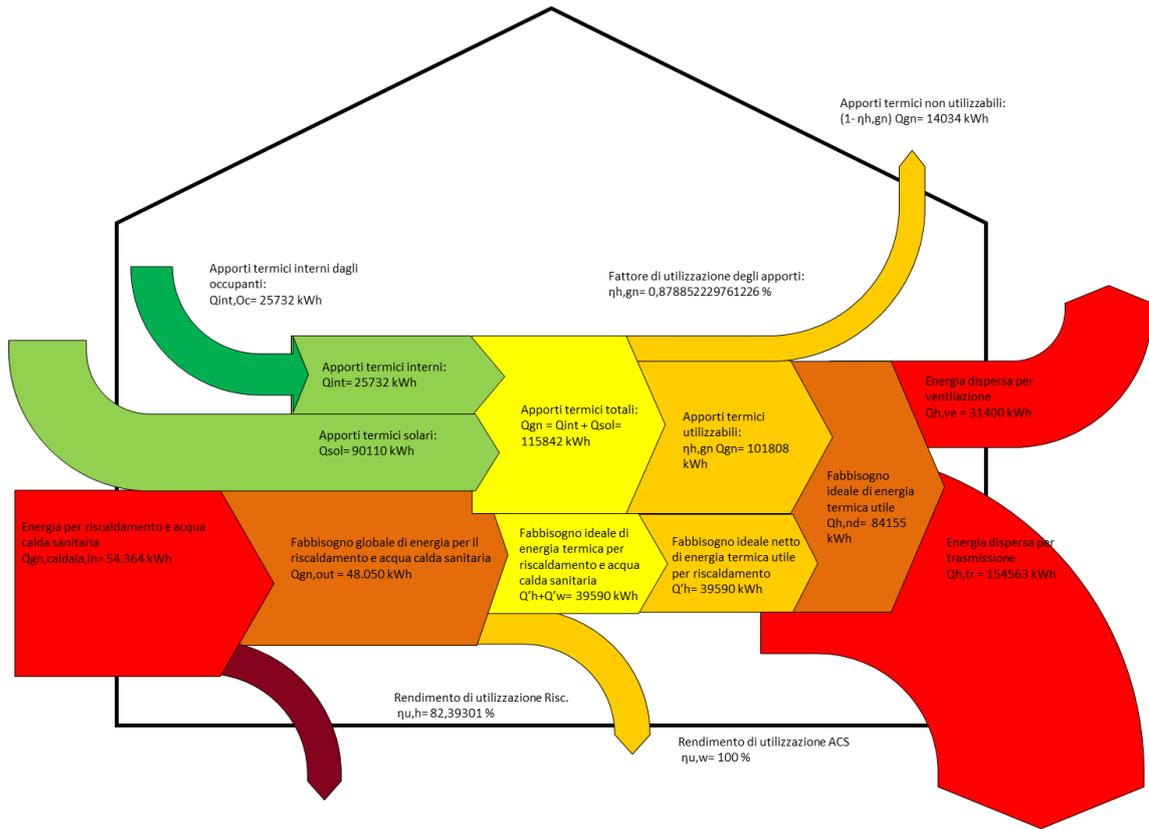
Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie12 oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **490mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **343 €**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ( $\%_{spesa}$ )	Costo massimo ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo $I_{max}$ [€]
Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B, C	75.000
ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento	40 (**)	450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E, F	100.000

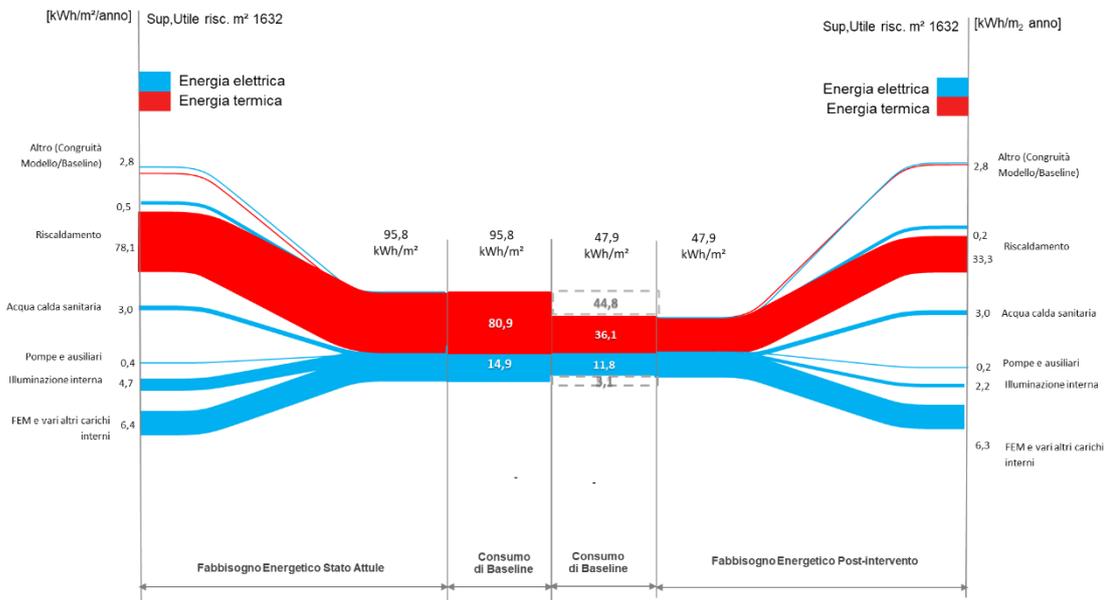
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

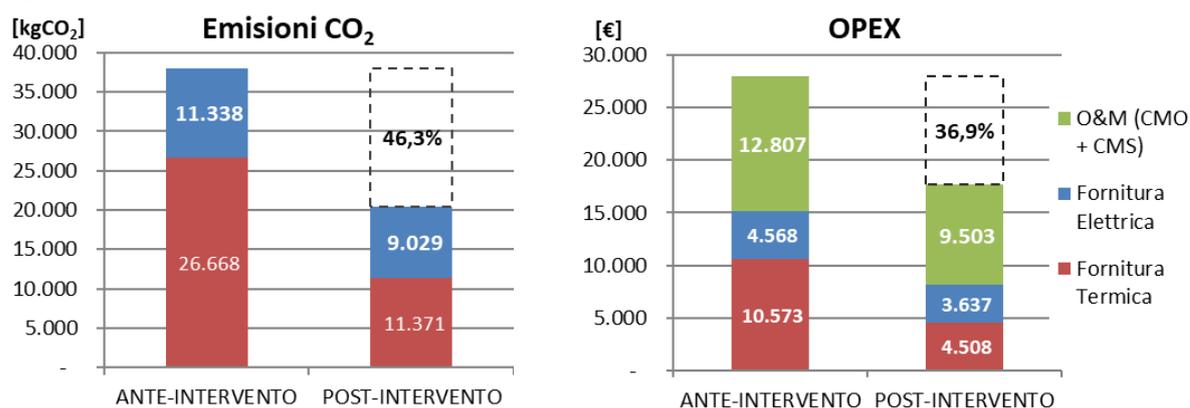


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Tabella 9.15

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
<b>EM1 – trasmittanza termica</b>	<b>[W/m²K]</b>	4	1,2	70,0%

EM2 - Rendimento	%	81,4	98,7	-21,3%
EM3 – Potenza installata	[W]	116	48	58,6%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	127.496	54.364	57,4%
E <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.086	19.977	20,4%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	132.019	56.293	57,4%
E <sub>baseline</sub>	[kWh]	24.279	19.334	20,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	26.668	11.371	57,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.338	9.029	20,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.006	20.400	46,3%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.573	4.508	57,4%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.568	3.637	20,4%
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	15.140	8.146	46,2%
C <sub>MO</sub>	[€]	10.118	7.082	30,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.690	2.421	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	12.807	9.503	25,8%
OPEX	[€]	27.947	17.648	36,9%
Classe energetica	[-]	E	D	+1classe

Figura 9.15 – 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 9.16, Tabella 9.17 e Tabella 9.18 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– EEM1+EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n <sub>0</sub>	2020
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>CdP</sub> )	k <sub>progetto</sub>	0,04
Inflazione ISTAT	f	0,005
deriva dell'inflazione	f'	0,007
%, interessi debito	k <sub>0</sub>	0,038

% , interessi equity	$k_e$	0,09
Aliquota IRES	IRES	0,24
Aliquota IRAP	IRAP	0,039
Aliquota fiscale	$\tau$	0,279
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	15
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	221.830
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	6.655
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	228.484
%CAPEX a Debito	D	0,8
%CAPEX a Equity	E	0,2
Debito	$I_D$	182.788
Equity	$I_E$	45.697
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	11
Rata annua debito	$q_D$	16.025
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	240.371
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	57.584

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	15.035
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	12.913
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	27.947
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,0
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	46%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	26%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	3%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	8.318
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	838
Risparmio PA durante la concessione	14%	128.141
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	13.860
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	6%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	566
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	2.399
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	4.514
Canone O&M €/anno	$CnM$	10.204
Canone Energia €/anno	$CnE$	9.426
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	19.629
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	7.480
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	27.109
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	40.002
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_b$	80.147
Durata Incentivi, anni	$n_b$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.18 – 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>	13,9
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	26,3
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	-2.763
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,04
Indice di Profitto	<b>IP</b>	-0,01
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	25
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	-2.285
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,05
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,02
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	0,88
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	-0,01

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

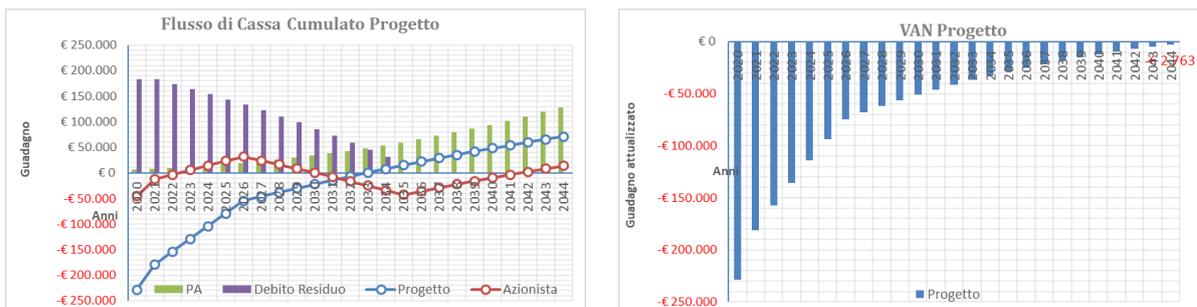


Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi non risulta conveniente per nessuno dei due operatori.

## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la *Scuola elementare e materna "Don Bosco"* è risultato che l'edificio, grazie ai recenti interventi di ristrutturazione impiantistica, presenta livelli sufficienti di performance energetica, la sostituzione della vecchia caldaia con una a condensazione ha infatti permesso di contenere i consumi di combustibile.

La situazione è invece differente per quanto riguarda gli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere appena sufficienti.

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

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l'involucro, l'impianto di illuminazione e l'impianto di climatizzazione, in particolare per quanto riguarda il sottosistema di regolazione.

Tuttavia solo uno degli scenari di intervento proposti, in particolare lo scenario 1, consente un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza; lo scenario 2, che prevede interventi anche sull'involucro, a causa dei costi elevati di realizzazione a fronte di limitati saving energetici risulta essere non conveniente.

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti caratterizzati da buoni rendimenti.

Per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con soluzioni costruttive che limitano gli interventi di efficientamento adottabili (muratura esterna portante) ed elementi obsoleti con bassi livelli di isolamento termico; la maggior parte dei serramenti presenti risale infatti agli anni '70 ed è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia, per quanto riguarda le numerose superfici finestrate, particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITENZA

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E00998.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERZO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN3.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO QUARTO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN4.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO QUINTO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN5.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	082-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-084-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-084-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-084-P02.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 03	26/11/2017	L1-042-084-P03.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 04	26/11/2017	L1-042-084-P04.dwg
Checklist Termici	L1-042-082-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-082-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-082-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-082-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-082-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-082-P02-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-082-P03-Checklist	26/11/2017	L1-042-082-P03-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-082-P04-Checklist	26/11/2017	L1-042-082-P04-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065495
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098218
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134957
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176145
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214975
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248944
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291206
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-09-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345541
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373449
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-10-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411327
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065499
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098221
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134954
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176200
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214973
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248946
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291259
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-09-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345571
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373395
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-10-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411457
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-11-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700477402
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700544142
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5750081967
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140844
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175672
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234065
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000281520
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000337522
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000337522
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432863
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000483582
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000084135



## E0998 - Scuola elementare e materna "Don Bosco"

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000018557
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000084135
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700510846
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5700544221
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-03-15 al 31-03-15	08/11/2017	5750081986
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140843
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175671
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000337521
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234064
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000337521
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	E000386675
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432862
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000483581
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000018556
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150590
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000334604
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	011640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096110 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100078
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	E000084134
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-02-16 al 28-02-16	08/11/2017	E000150589
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000334603
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-08-16 al 30-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096111 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100078
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-01-15 al 31-03-15	08/11/2017	20151895
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-04-15 al 30-06-15	08/11/2017	P150007518
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	P150015576
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	P150019771
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	P150032667
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	08/11/2017	P150037967
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	P150048624
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	P160003881
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-01-15 al 31-03-15	08/11/2017	20151896
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-04-15 al 30-06-15	08/11/2017	P150007518
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	P150015576
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	P150019771
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	P150032667
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	08/11/2017	P150037967
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	P150048624
Bollette GAS	PDR: 03270019535071 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	P160003881
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	08/11/2017	P160012671
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	08/11/2017	P160023980
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	P160031417
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	P160041242
Bollette GAS	PDR: 03270019535576 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	EX03011/2017

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E998_Foto da 1 a 14

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E998

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

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	06/2018	ALLEGATO D_Lotto.6 – E998

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E998

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E998

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E998

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E998

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E998

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E998_Schede-Audit



## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E998



## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E998_analisi-PEF

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E998



## **ALLEGATO N – CD-ROM**

*[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]*

