

# SCUOLA MEDIA SAMPIERDARENA E PRIMARIA STATALE CANTORE

E1331

VIA CARLO ROLANDO N: 12 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **SCUOLA MEDIA SAMPIERDARENA E PRIMARIA STATALE CANTORE E1331**

**VIA CARLO ROLANDO N° 12 - GENOVA**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 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)

IQS srl  
Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero  
T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) [info@iqsrl.eu](mailto:info@iqsrl.eu)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Prima pubblicazione
B	23/04/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018
C	25/05/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
D	21/06/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 20/06/2018

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

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



## INDICE

## PAGINA

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>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 .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI .....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO .....	9
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
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> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	21
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 .....	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	23
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>24</b>
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	31
<b>6 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 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> .....	42
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	45
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	45

$C_M = C_{SIE3} - C_Q$ ; .....	46
$C_{MS} = 0.21 \times C_M$ .....	46
7.4 BASELINE DEI COSTI .....	46
<b>8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>48</b>
8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	48
8.1.1 <i>Involucro edilizio</i> .....	48
8.1.2 <i>Impianto riscaldamento</i> .....	51
8.1.3 <i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	56
8.1.4 <i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....	56
8.1.5 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	56
8.1.6 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	56
<b>9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA .....</b>	<b>60</b>
9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	60
9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	65
9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	73
9.3.1 <i>Scenario 1: SCN1</i> .....	76
9.3.2 <i>Scenario 2: SCN2</i> .....	81
<b>10 CONCLUSIONI .....</b>	<b>87</b>
10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	87
10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	87
10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI .....	87
<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>2</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>	<b>5</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>	<b>6</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>	<b>7</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		1963
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.784
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.441
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	11.716
Rapporto S/V	[1/m]	0,29
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.095
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	178
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.113
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	528
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	31,18
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	120.695
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.711
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ei</sub> /anno]	17.969
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.934

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: sostituzione del generatore con una pompa di calore ed installazione di termovalvole
- EEM 2: isolamento della copertura
- EEM 3: installazione impianto fotovoltaico da 13,7 kWp
- EEM 4: sostituzione dei serramenti con serramenti con trasmittanza pari a 1,5 W/m<sup>2</sup>K
- EEM 5: sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione ed installazione di termovalvole
- SCN 1: EEM2 + EEM5
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4

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

	CON INCENTIVI													
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_e$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	62%	66%	8.452	1.951	2.074	35.189	2,89	3,30	15	85.230	32%	2,42	-	-
EEM 2	17%	18%	2.304	0	0	30.580	12,70	17,94	30	10.937	7%	0,36	-	-
EEM 3	26%	23%	3.540	0	0	45.353	12,33	17,41	25	11.271	6%	0,25	-	-
EEM 4	21%	22%	2.924	0	0	130.453	37,64	58,31	30	-65.234	-2%	-0,50	-	-
EEM 5	25%	27%	3.470	1.951	2.074	43.279	5,85	6,89	15	31.361	14%	0,72	-	-
SCN 1	38%	40%	5.245	2.439	2.204	73.859	2,5	2,81	15	18.749	46%	0,25	1,341	1,399
SCN 2	81%	80%	11.119	2.439	2.204	249.665	9	14,34	25	21.263	16,47	0,08	1,062	1,601

Nota: Nell'Allegato L, in alcuni casi, sono indicati tempi di ritorno differenti da quelli riportati nelle tabelle. Questi ultimi sono da ritenersi corretti, mentre non è stato possibile correggere i valori errati calcolati nel file allegato, elaborato dalla Committenza, trattandosi di campi non modificabili.

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

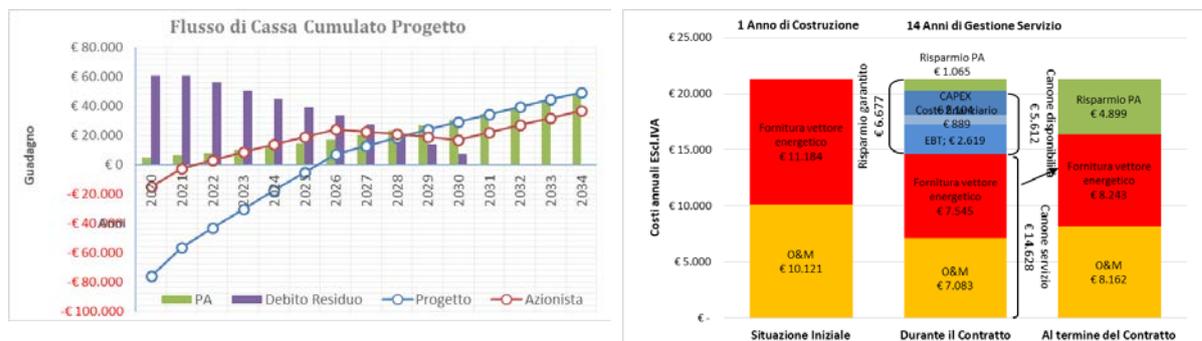
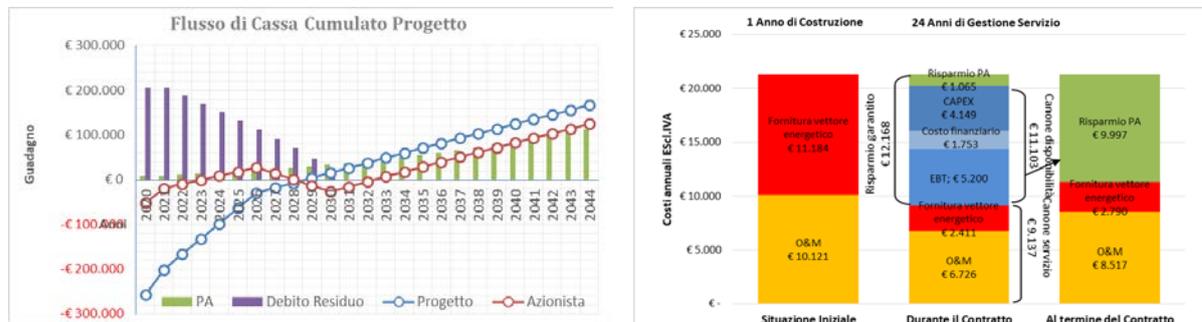


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l'involucro che l'impianto. Gli interventi sull'involucro sono ovviamente caratterizzati da tempi di ritorno maggiori ma risultano sempre i prioritari nell'ottica di un edificio che consumi meno per come è fatto e non per un impianto più performante. Attualmente l'edificio vede installata una caldaia a gas per cui si è analizzato la sua sostituzione con una caldaia a condensazione, tuttavia il tipo di intervento non permette di rispettare i dettami del capitolato tecnico che prevedono un salto di due classi dell'ape e tempi di ritorno stretti per cui negli interventi cumulati si è considerato la sostituzione della caldaia obsoleta con una gruppo di pompe di calore e valvole termostatiche.

Risulta importante sottolineare che la scuola vede installati i serramenti originari con vetro singolo o plexiglass; i serramenti risultano tutti in pessimo stato di manutenzione e già la normativa in campo di sicurezza scolastica prevedrebbe la loro sostituzione. L'intervento sui serramenti tuttavia risulta energeticamente poco performante in termini di tempo di ritorno dell'investimento per cui non viene considerato nei due scenari polintervento proposti. Si ritiene tuttavia prioritario procedere con tale intervento che, visti gli spifferi presenti su ogni infisso, genererebbe un notevole aumento di confort interno oltre l'aspetto prioritario della sicurezza di insegnanti e studenti.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di 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 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 IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata [esposta a Est]



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Elena Mazzucco Ing. Vittoria Citterio		Sopralluogo in sito
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Geom. Silvano Roberto		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Elena Mazzucco		Redazione report di diagnosi energetica
Ing. Vittoria Citterio	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Gianola	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU, sezione D, foglio 43 Mapp. 167 (il mappale 187 si riferisce al cortile) è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1963
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.784
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.441
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	11.716
Rapporto S/V	[1/m]	0,29
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.095
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	178
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.113
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	528

Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	31,18
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>rit</sub> /anno]	120.695
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.711
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	17.969
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.934

Nota (1): Valori di Baseline

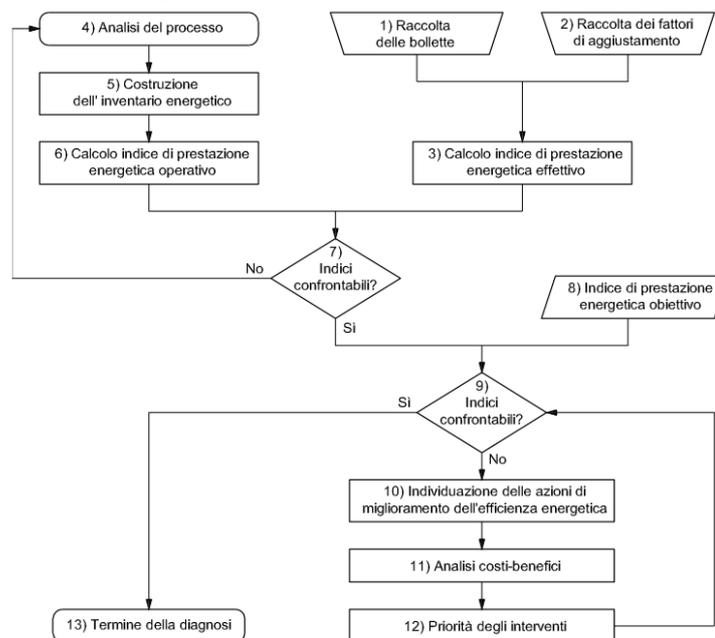
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 28/11/2017 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, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato 65 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 dell'Università di Genova 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>ref</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;

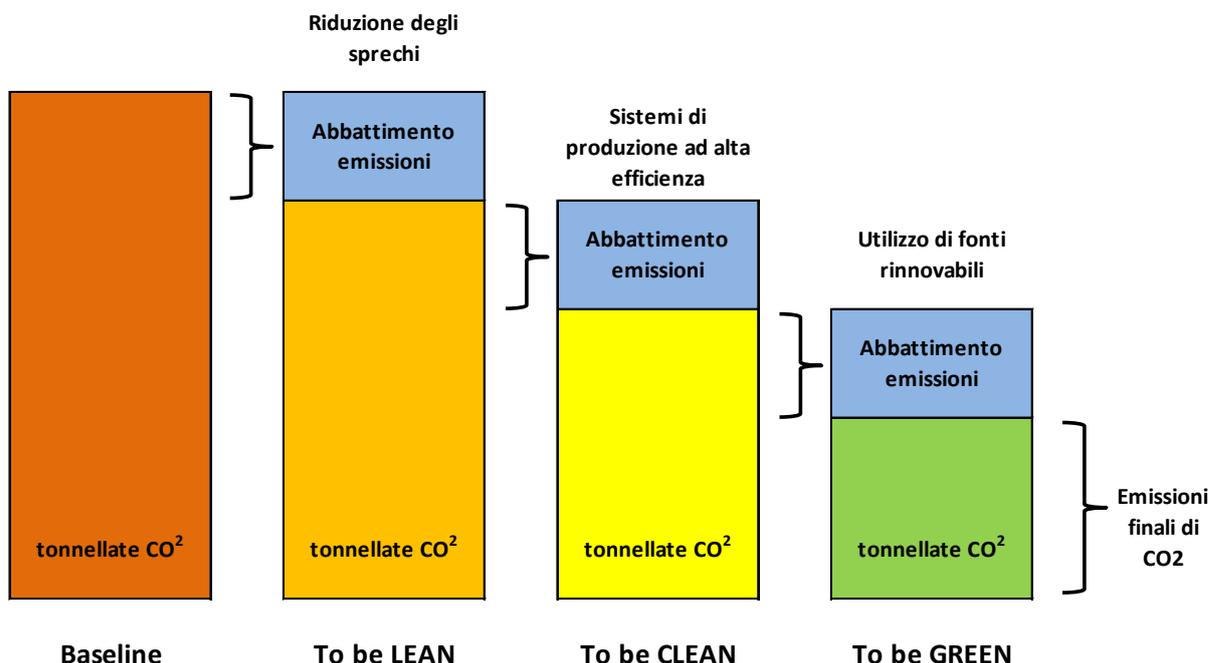
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi 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 - 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 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 domande 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:

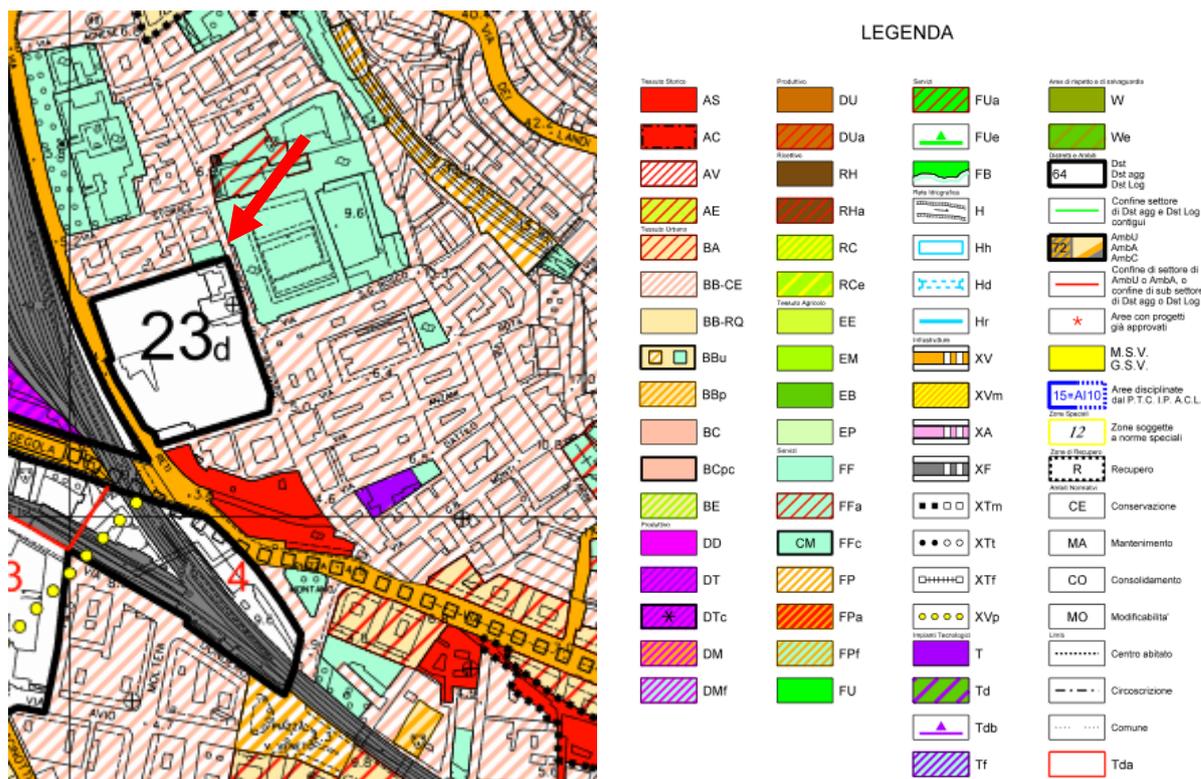
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 FF, zona destinata a "servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

Durante il sopralluogo il personale scolastico ci ha riferito che l'edificio è stato inaugurato nel 1963 e non ha mai subito ristrutturazioni importanti fatta eccezione di interventi di manutenzione straordinaria quali:

- sostituzione di alcuni vetri dei serramenti lesionati con pannelli in plexiglass;
- divisione di alcune aule ed installazione di nuove porte finestra per la creazione di uscite di emergenza su scala antincendio ad ogni piano;
- sostituzione della porta della palestra al piano terra a creazione di un'uscita di emergenza conforme a normativa.

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'edificio è frequentato giornalmente da 170 studenti delle scuole medie, 100 delle elementari e 29 adulti tra bidelli e professori.

Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da sette piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alla didattiche.

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 Earth)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Terra	Ingresso, palestra e locali connessi	[m <sup>2</sup> ]	499,00	561,50	0,00
Primo	Androne, segreteria, aula insegnanti	[m <sup>2</sup> ]	499,00	275,50	0,00
Secondo	Aule elementari	[m <sup>2</sup> ]	551,66	480,92	0,00
Terzo	Aule medie	[m <sup>2</sup> ]	551,66	480,92	0,00
Quarto	Aule medie	[m <sup>2</sup> ]	551,66	480,92	0,00
Quinto	Aule medie	[m <sup>2</sup> ]	551,66	480,92	0,00
Sesto	Aule medie	[m <sup>2</sup> ]	60,02	24,38	0,00
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>3.095,00</b>	<b>2.785</b>	<b>0,00</b>

Nota (1): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (2): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Dal punto di vista storico, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un'importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio che ospita la scuola non risulta vincolato ne risultano esserci in prossimità altri vincoli che influiscano su eventuali interventi sull'edificio.

Nell'analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, tuttavia si procede nella compilazione della tabella 2.2 per omogeneità con le altre relazioni.

Non si identificano inoltre interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

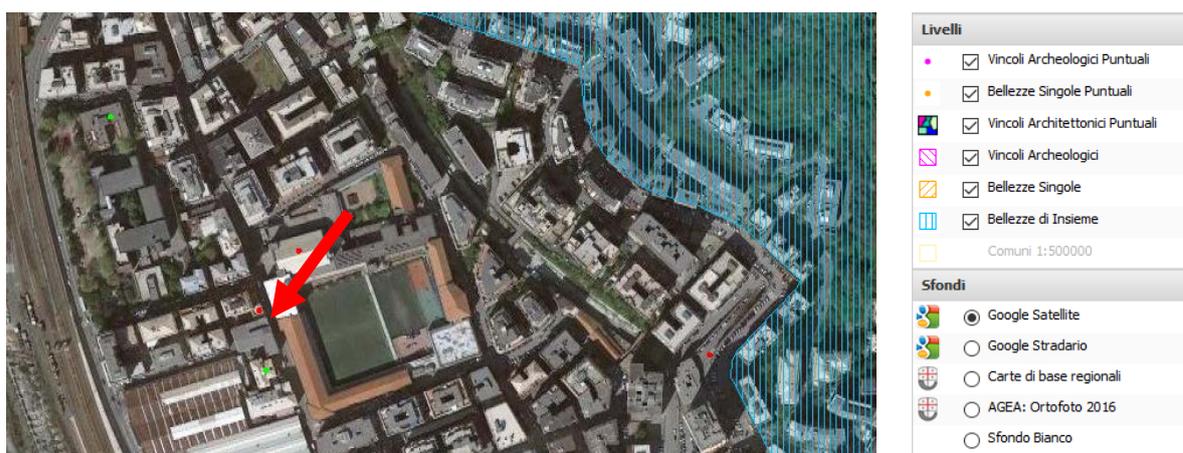


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: sostituzione del generatore con una pompa di calore ed installazione di termovalvole	-		-
EEM 2: isolamento della copertura	-		-
EEM 3: installazione impianto fotovoltaico da 13,7 kWp	-		-
EEM 4: sostituzione dei serramenti con serramenti con trasmittanza pari a 1,5 W/m <sup>2</sup> K	-		-
EEM 5: sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione ed installazione di termovalvole	-		-

Nota (4): 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 (7:50-16:00), intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico (7:30-17:12), mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal personale scolastico presente durante il sopralluogo (6:30-18:00).

Durante il sopralluogo il personale non era a conoscenza tuttavia delle temperature di settaggio del riscaldamento.

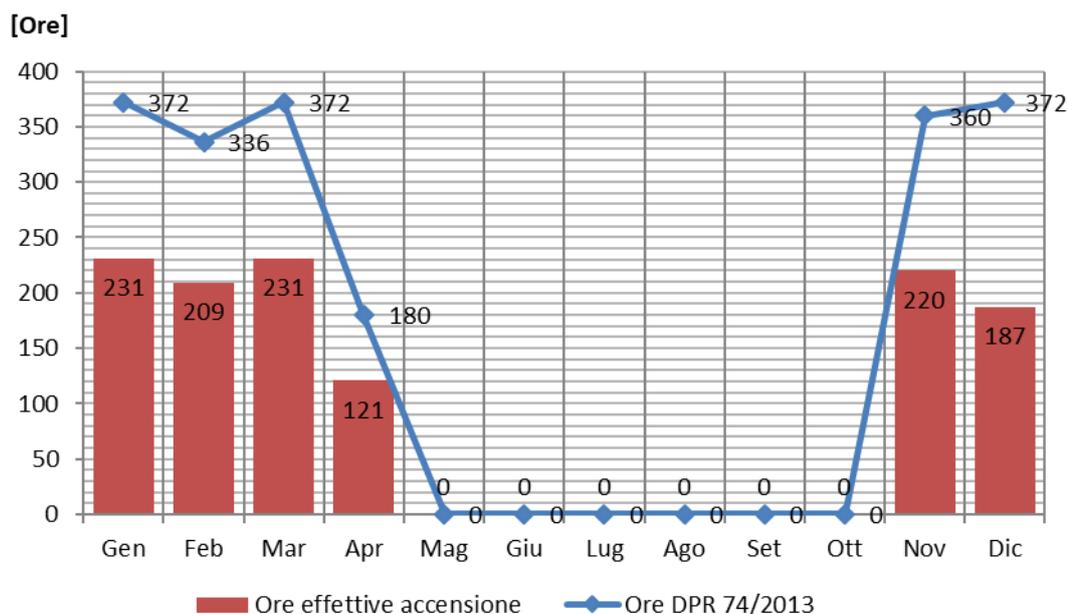
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segna l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto i professori ed i maestri utilizzano l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola media Sampierdarena			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	08:10-16:00	7:00-18:00
Scuola Primaria Statale Cantore			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7:50-14:00	7:00-18:00

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 non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura inoltre il riscaldamento risulta acceso anche dopo che il personale ha lasciato la struttura stessa; risulterebbe pertanto un buon intervento ridefinire i momenti di accensione e spegnimento e magari in sede di sostituzione del generatore di calore effettuare una simulazione in dinamica per studiare la migliore combinazione di regolazione temporale del riscaldamento, temperature impostate ed impianto.

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 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	201,60	21	21		22%
Febbraio	28	10,5	28	180,50	19	19		19%
Marzo	31	11,1	31	186,90	21	21		20%
Aprile	30	15,3	15	55,74	20	11		6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0		-
Giugno	30	22,4	-	-	20	0		-
Luglio	31	24,6	-	-	20	0		-
Agosto	31	23,6	-	-	0	0		-
Settembre	30	22,2	-	-	20	0		-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0		-
Novembre	30	13,3	30	134,00	20	20		14%
Dicembre	31	10,0	31	170,00	17	17		18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>928,741</b>	<b>220</b>	<b>109</b>		<b>100%</b>

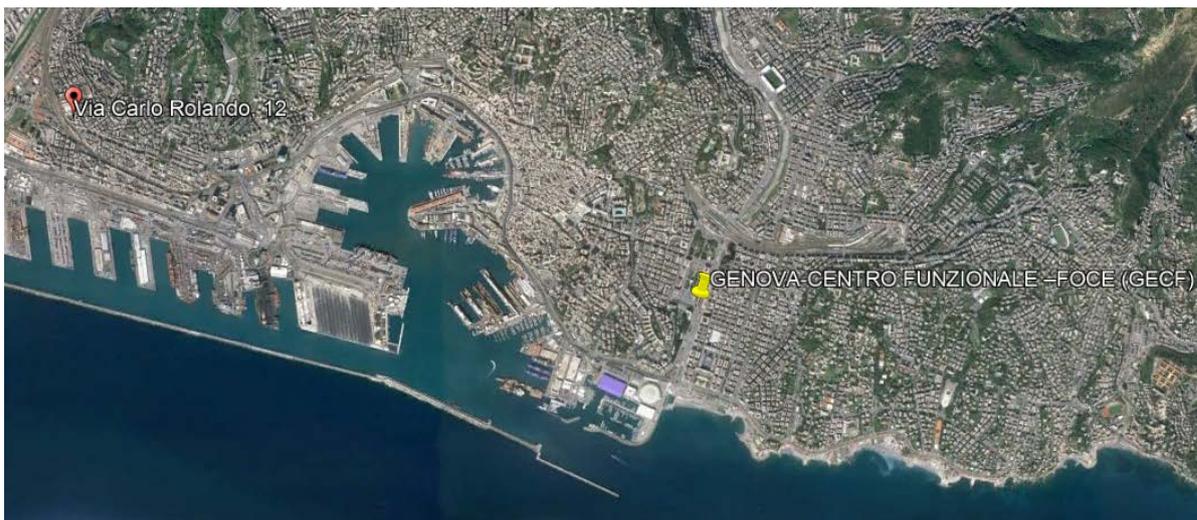
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 Genova-Centro Funzionale-Foce (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all'edificio oggetto di DE.

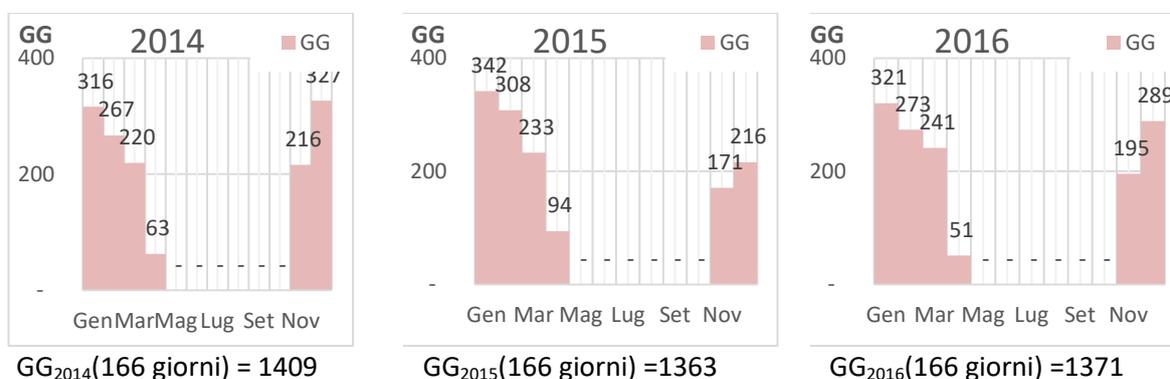
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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



Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3., i GG reali sono stati ricalcolati in funzione

del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i  $GG_{real}$  ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio. In particolar modo nel 2014 sono state registrate temperature vicine alla temperatura interna rispetto agli anni 2015 e 2016.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una struttura in travi e pilastri con tamponamento in laterizio.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una tipologia muraria predominante presumibilmente composta da due blocchi di laterizio semipieno con interposta una camera d'aria ed intonaco su entrambi i lati. L'intonaco esterno del piano terra è sostituito da un rivestimento lapideo. Questa tipologia muraria è declinata su tutta la struttura con uno spessore predominante di 42 cm che aumenta a 50 cm e diminuisce a 32 e 20 cm per alcune pareti o porzioni di esse.

L'involucro opaco orizzontale invece si compone di una struttura in laterocemento ricoperta da una guaina bituminosa.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir E8.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

l'edificio è caratterizzato da un involucro con dispersioni localizzate in corrispondenza della struttura portante dell'edificio e dei ponti termici geometrici con serramenti estremamente poco prestanti.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete verticale opaca



Figura 4.2 - Particolare della copertura



Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete interno cortile con esposizione sud-ovest

28/11/2017 17:07:15



FLIR0441.jpg

FLIR E6 Wifi

639017224

28/11/2017 17:07:15



FLIR0441.jpg

FLIR E6 Wifi

639017224

I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552 sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro opaco riportati nella tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Copertura	C1	30	Assente	1,63	Sufficiente
Parete verticale	M1	42	Assente	0,83	Sufficiente
Sottofinestra	M2	30	Assente	1,21	Sufficiente
Parete verticale	M3	32	Assente	1,08	Sufficiente
Parete verticale	M4	12	Assente	1,86	Sufficiente
Parete verticale	M5	24	Assente	1,16	Sufficiente
Parete verticale	M6	24	Assente	1,16	Sufficiente
Parete verticale	M7	35	Assente	2,38	Sufficiente
Parete verticale	M8	35	Assente	1,12	Sufficiente
Parete verticale	M9	42	Assente	0,83	Sufficiente
Parete verticale	M10	50	Assente	0,72	Sufficiente
Solaio su vespaio / ZNR	PAV1	31	Assente	1,64	Sufficiente
Solaio	S1 – S2	31	Assente	1,35	Sufficiente
solaio	S3	31	Assente	1,67	Sufficiente

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto per la gran parte dai serramenti originari in metallo e vetro singolo da 6 millimetri (rilavato con spessivetro). In alcuni casi il vetro singolo è stato sostituito con pannelli in plexiglass di ugual spessore. I serramenti che costituiscono le uscite di emergenza invece sono stati sostituiti in epoca recente con serramenti in alluminio e vetro singolo.

Infine sul vano scala e sulla palestra si sono rilevate file di vetrocemento anche esse risalenti all'epoca di costruzione dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Lo stato di conservazione dei serramenti originali (sia quelli con il vetro che quelli con il plexiglass) è fortemente compromesso, i telai sono arrugginiti e spesso hanno difficoltà a rimanere chiusi. I vetri o i pannelli di plexiglass si muovono visibilmente nella loro sede ed il personale scolastico utilizza fogli di giornale per bloccarli nella loro sede e per chiudere le fessure tra il telaio del serramento e la muratura in cui è inserito.

I serramenti di recente sostituzione sono un buono stato di conservazione e le porzioni in vetrocemento in uno stato giudicabile come sufficiente.



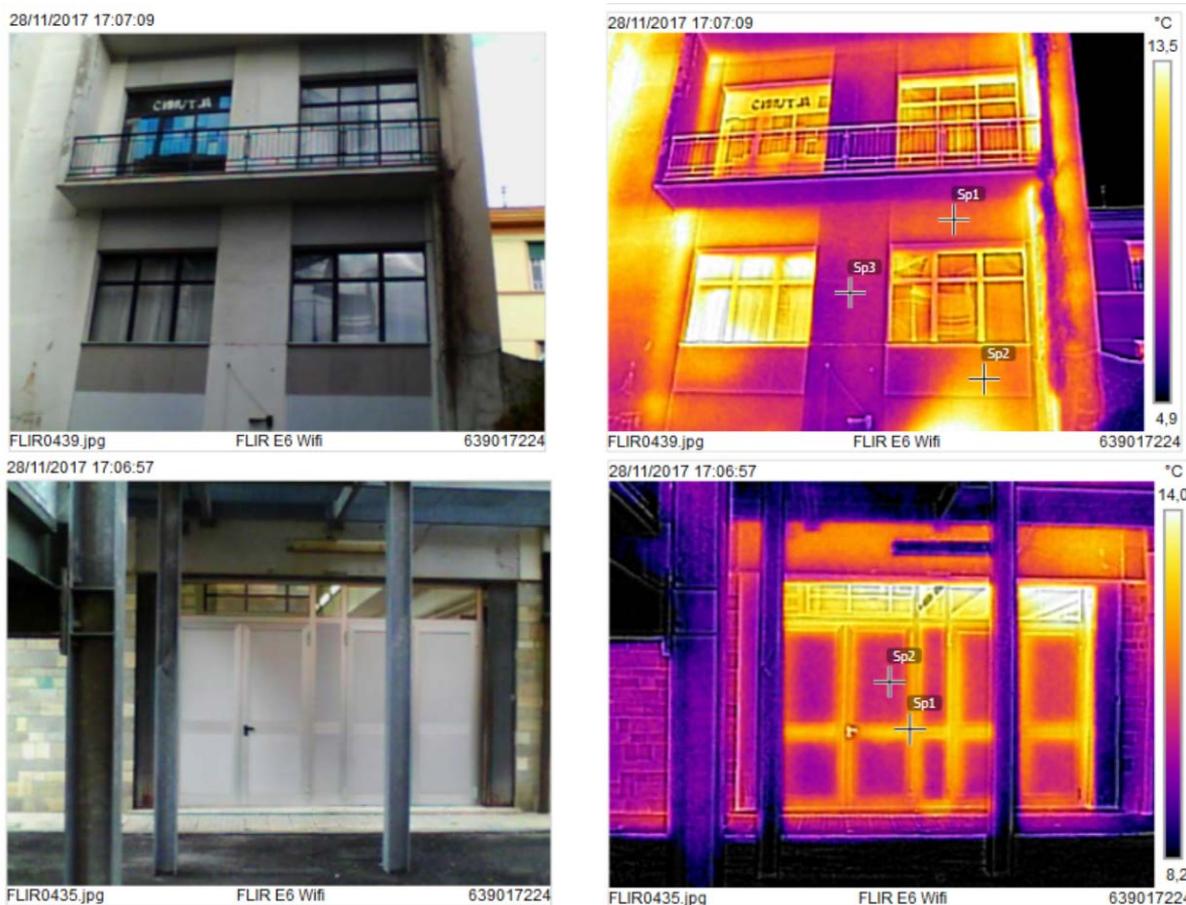
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti originari con vetro singolo da 6 mm
- Dispersioni termiche dai telai con forti spifferi all'intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552 sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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
Vetrocemento	F1	280 x 80	Metallo	Vetro doppio	1,255	Sufficiente
Vetrocemento	F2	342 x 188	Metallo	Vetro doppio	1,225	Sufficiente
Serramento	F3	150 x 90	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,177	Sufficiente
Serramento	F4	342 x 90	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,705	Sufficiente
Serramento	F5	258 x 180	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,189	Pessimo
Serramento	F6	150 x 180	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,198	Pessimo
Serramento	F7	90 x 90	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,709	Pessimo
Serramento	F8	450 x 180	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,702	Pessimo
Serramento	F9	150 x 180	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,704	Pessimo
Serramento	F10	315 x 180	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,701	Pessimo
Serramento	F11	163 x 180	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,711	Pessimo
Serramento	F12	70 x 180	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,713	Pessimo
Serramento	F13	47 0x 60	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,708	Pessimo
Serramento	P1	140 x 260	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,765	Buono
Serramento	P2	150 x 240	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,753	Buono
Serramento	P3	470 x 270	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,862	Buono
Serramento	P4	250 x 280	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,247	Buono
Serramento	P6	290 x 240	Metallo	Vetro singolo/plexiglass	5,747	Buono
Vetrocemento	F14	450 x 80	Metallo	Vetro doppio	1,383	Sufficiente

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale con caldaia a basamento a gas metano e radiatori.

#### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da termosifoni senza valvole termostatiche.



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
Edificio	radiatori	94%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	10	35,21	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	12	17,21	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	21	21,29	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	21	33,08	0,00
Quarto	Su parete interna/esterna non isolata	21	32,47	0,00
Quinto	Su parete interna/esterna non isolata	22	48,46	0,00
Sesto	-	0,00	0,00	0,00
<b>TOTALE</b>		106	187,72	0,00

Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

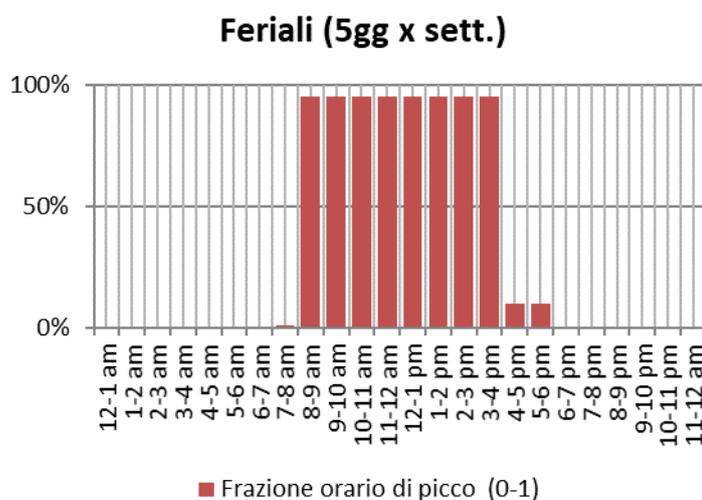
In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene da centrale termica ove è presente una sonda climatica. Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non ha saputo fornire informazioni sulle temperature impostate.

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

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'edificio



I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella tabella che segue.

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Edificio	Climatica	90%

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 da una pompa gemellare funzionante in alternanza collegata sulla mandata dell'acqua calda.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito di distribuzione sono riportate nella tabella che segue.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(1)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(2)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(3)</sup> [W]
Gemellare Grundfos UPK 65-120	EG01 mandata acqua calda	-	-	1350
Singola Grundfos UPS 40-30/4	ES01 anticondensa	-	-	140

Nota (1): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica

Nota (2): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4,7.

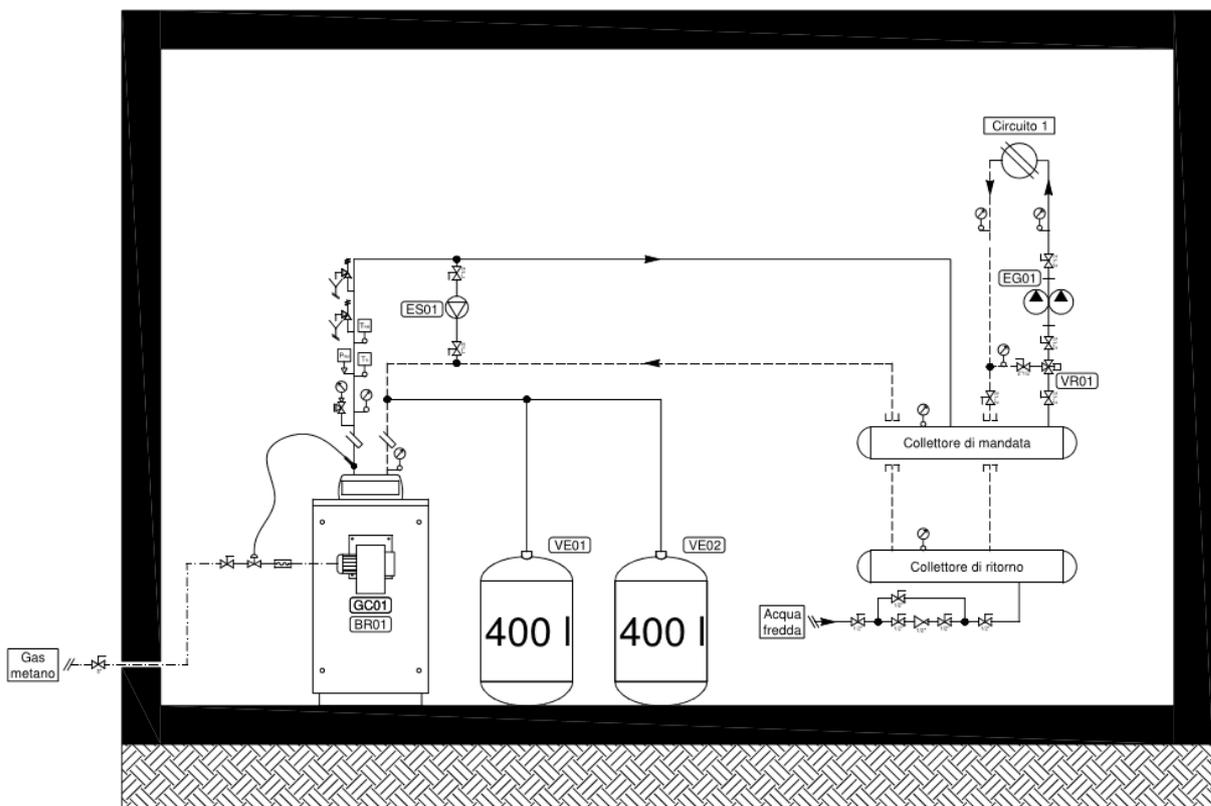
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(1)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(2)</sup>
			°C	°C
Circuito 1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	60
Circuito 2	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	60

Nota (1): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 117-P00-001)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95% (riferimento normativo 11300-2).

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basemento RIELLO risalente al 1994 con bruciatore Baltur

Figura 4.9 - Generatore di calore – RIELLO 3500-S455



Figura 4.10 - Bruciatore Baltur



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

SERVIZIO	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	RIELLO	3500-S455	1994	581,4	528	90,3	960

Nota (1) rendimento da prova fumi del 22/03/017.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 91%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 92,6%.

I tre rendimenti sono tra loro coerenti.

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. Nell'edificio è installato un unico boiler elettrico ad accumulo da 1200 W.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100 %	89,3 %	-	-	75 %	27,7 %

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

Impianto non presente

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

Impianto non presente

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

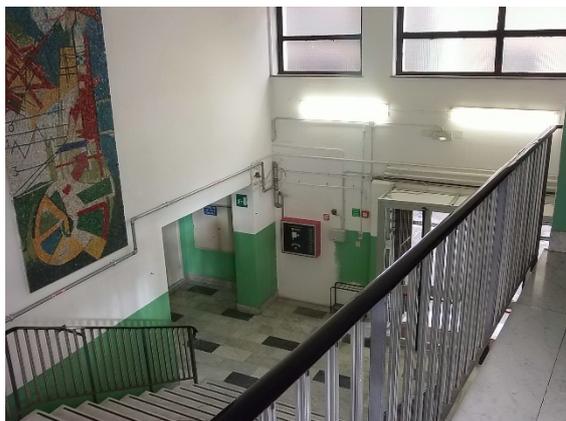
ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z1-Z2-Z3-Z4-Z5-Z6	PC	27	133	3.591	9 (0,05hx180gg)
Z1-Z2-Z3-Z4-Z5-Z6	Stampante	1	350	350	9 (0,05hx180gg)
Z1-Z2-Z3-Z4-Z5-Z6	Stampante multifunzione	1	675	675	18 (0,1hx180gg)
Z2	Distributore bevande e snack	2	1.500	3.000	8.760 (24hx365gg)
Z3	Televisore	1	250	250	18 (0,1hx180gg)
Z3	Scaldavivande	1	1.200	1.200	36 (0,2hx180gg)
Z1-Z2-Z3-Z4-Z5-Z6	Proiettore	5	110	550	18 (0,1hx180gg)
Z3	videoregistratore	1	100	100	9 (0,05hx180gg)

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 costituito da lampade fluorescenti di diversa potenza.

Figura 4.10 - Particolare dei corpi illuminanti





L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1	fluorescente 2x36 W	5	0,072	0,36
	fluorescente 36 W	6	0,036	0,216
	fluorescente 2x58 W	13	0,116	1,508
	fluorescente 2x58 W (esterne)	2	0,116	0,232
Z2	fluorescente 2x36 W	9	0,072	0,648
	fluorescente 36 W	8	0,036	0,288
	fluorescente 2x58 W	1	0,116	0,116
	50 W	1	0,05	0,05
	fluorescente 1x18 W	3	0,018	0,054
Z3	fluorescente 2x36 W	27	0,072	1,944
	fluorescente 36 W	7	0,036	0,252
	fluorescente 1x18 W	12	0,018	0,216
Z4	fluorescente 2x36 W	35	0,072	2,52
	fluorescente 36 W	6	0,036	0,216
	fluorescente 1x18 W	11	0,018	0,198
Z5	fluorescente 2x36 W	35	0,072	2,52
	fluorescente 36 W	6	0,036	0,216
	fluorescente 1x18 W	11	0,018	0,198
Z6	fluorescente 2x36 W	35	0,072	2,52
	fluorescente 36 W	6	0,036	0,216
	fluorescente 1x18 W	11	0,018	0,198

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

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

Impianto non presente

## 5 CONSUMI RILEVATI

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;
- Gasolio.

### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a Gas Metano.

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio della Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014		2015	2016	2014	2015	2016
		[Smc]	[l]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050619139	Riscaldamento	3.934	8.456	9.172	15.721	122.374	86.398	148.092

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

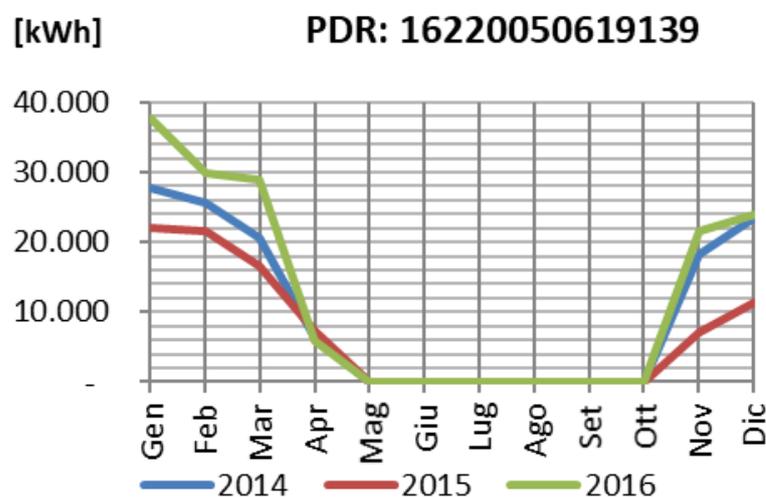
La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3

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

PDR: 16220050619139	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	894	2.348	4.004	27.819	22.121	37.720
Febbraio	823	2.296	3.183	25.603	21.627	29.987
Marzo	665	1.774	3.060	20.701	16.706	28.826
Aprile	209	782	638	6.500	7.363	6.008
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	586	755	2.290	18.234	7.112	21.575
Dicembre	756	1.218	2.545	23.518	11.471	23.976
Totale	3.934	9.172	15.721	122.374	86.400	148.092

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

$\bar{Q}_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come 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

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 <sub>REALI</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014			-	-	-	-	0	0
2015	877	929	9.172	86.400	98,5	91.523	0	0
2016	918	929	15.721	148.092	161,3	149.866	0	0
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>929</b>	<b>12.447</b>	<b>117.246</b>	<b>130</b>	<b>120.695</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento dei consumi altalenante. Tuttavia va considerato che l'anno 2014 ha visto il passaggio della centrale termica dal gasolio al gas naturale per cui i soli anni attendibili risultano essere il 2015 ed il 2016 per cui si hanno dei consumi in crescita.

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	0,0
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	120.695
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>120.695</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell'intero edificio.

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 è effettuata sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00095999	Intero edificio	18.105	17.184	18.619	17.969

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-E1331) e sono emerse le seguenti differenze:

- I dati ricavati dalle fatture sono minori rispetto a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1331;
- La differenza per ogni anno sembra un valore costante di circa 2.000 kWh per cui viene il dubbio che tra le fatture non trovata ci siano consumi a conguaglio non contabilizzati.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 18.105 kWh; anno 2015 17.184 kWh; anno 2016 18.619 kWh

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 17.969 kWh.

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

POD: IT001E00095999	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	460	331	624	1.415
Feb-14	1.455	386	531	2.372
Mar-14	1.356	431	689	2.476
Apr-14	1.186	376	698	2.260
Mag-14	1.108	309	521	1.938
Giu-14	485	169	327	981
Lug-14	141	87	155	383
Ago-14	68	54	105	227
Set-14	662	147	221	1.030
Ott-14	.1133	180	238	1.551
Nov-14	1.294	178	264	1.736
Dic-14	.1294	178	264	1.736
Totale	.10642	2.826	4.637	18.105
POD: IT001E00095999	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-15	1.513	209	345	2.067
Feb-15	1.458	206	267	1.931
Mar-15	1.113	266	443	1.822

Apr-15	696	216	365	1.277
Mag-15	732	116	190	1.038
Giu-15	463	150	257	870
Lug-15	358	161	252	771
Ago-15	89	57	177	323
Set-15	564	137	228	929
Ott-15	1.490	213	275	1.978
Nov-15	1.743	208	304	2.255
Dic-15	1.461	170	292	1.923
<b>Totale</b>	<b>1.1680</b>	<b>2.109</b>	<b>3.395</b>	<b>17.184</b>
<b>POD: IT001E00095999</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen-16	1.704	212	357	2.273
Feb-16	1.855	201	261	2.317
Mar-16	1.498	209	317	2.024
Apr-16	1.339	213	328	1.880
Mag-16	1.273	157	249	1.679
Giu-16	430	121	222	773
Lug-16	150	78	140	368
Ago-16	91	65	124	280
Set-16	576	131	198	905
Ott-16	1.491	196	270	1.957
Nov-16	1.706	212	305	2.223
Dic-16	1.444	196	300	1.940
<b>Totale</b>	<b>13.557</b>	<b>1.991</b>	<b>3.071</b>	<b>18.619</b>

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

<b>BASELINE</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gennaio	1.226	251	442	1.918
Febbraio	1.589	264	353	2.207
Marzo	1.322	302	483	2.107
Aprile	1.074	268	464	1.806
Maggio	1.038	194	320	1.552
Giugno	459	147	269	875
Luglio	216	109	182	507
Agosto	83	59	135	277
Settembre	601	138	216	955
Ottobre	1.371	196	261	1.829
Novembre	1.581	199	291	2.071
Dicembre	1.400	181	285	1.866
<b>Totale</b>	<b>1.1960</b>	<b>2.309</b>	<b>3.701</b>	<b>17.969</b>

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Andamento nei consumi nel triennio di riferimento

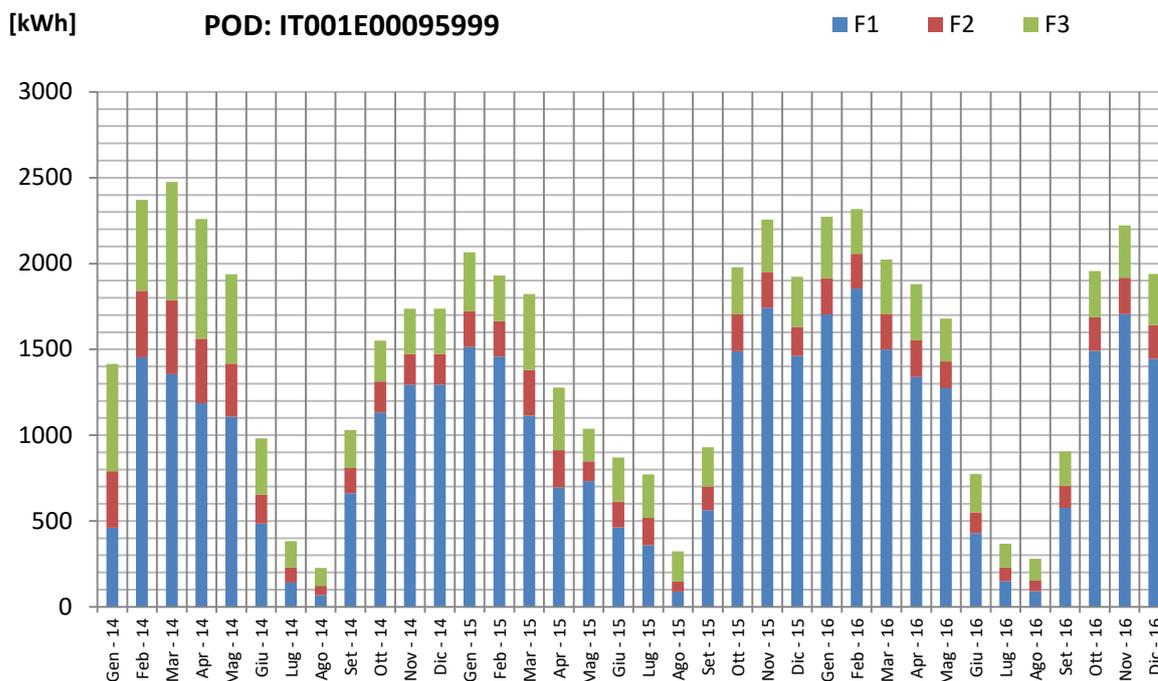
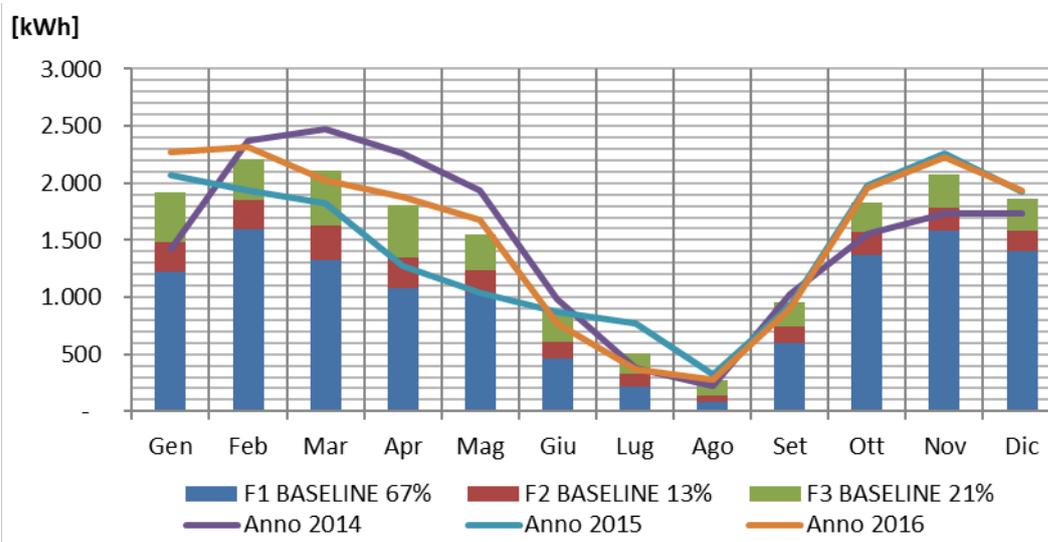


Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00095999

Per questa ragione si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;

- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 9,03 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

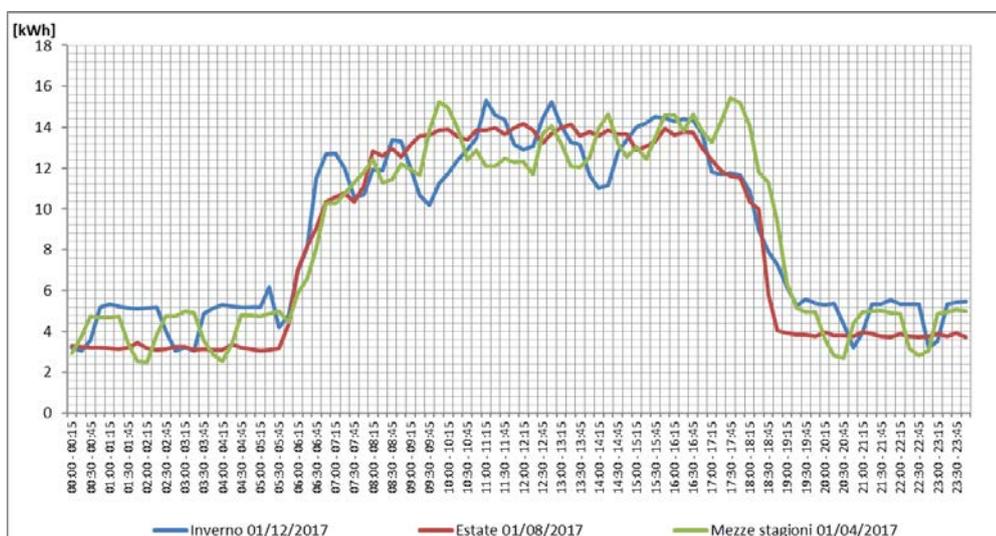
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

Tabella 5.9 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	09/02/2016	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	24/08/2016	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	29/04/2016	Venerdì	Mezza stagione	16,2

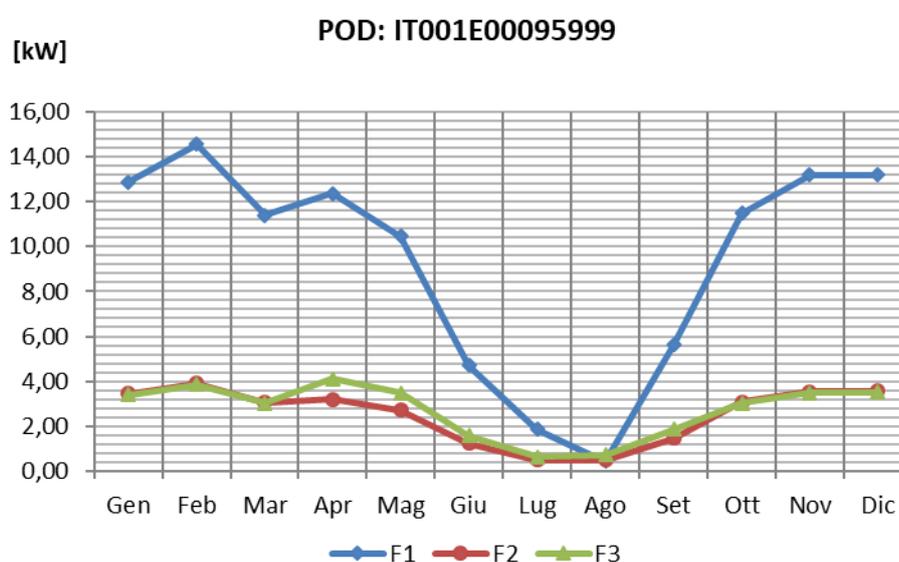
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00095999



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 19 fino al mattino alle 6.30), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00095999



I profili di potenza giornalieri risultano coerenti con l’effettivo utilizzo dell’edificio e delle utenze elettriche presenti, essendo le fasce di maggiore e minore consumo rispettivamente la F1 e la F3 ed essendo il periodo invernale quello con la potenza assorbita superiore.

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 14,57 kW e si verifica nel mese di febbraio in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

## 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 5.10 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>..

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

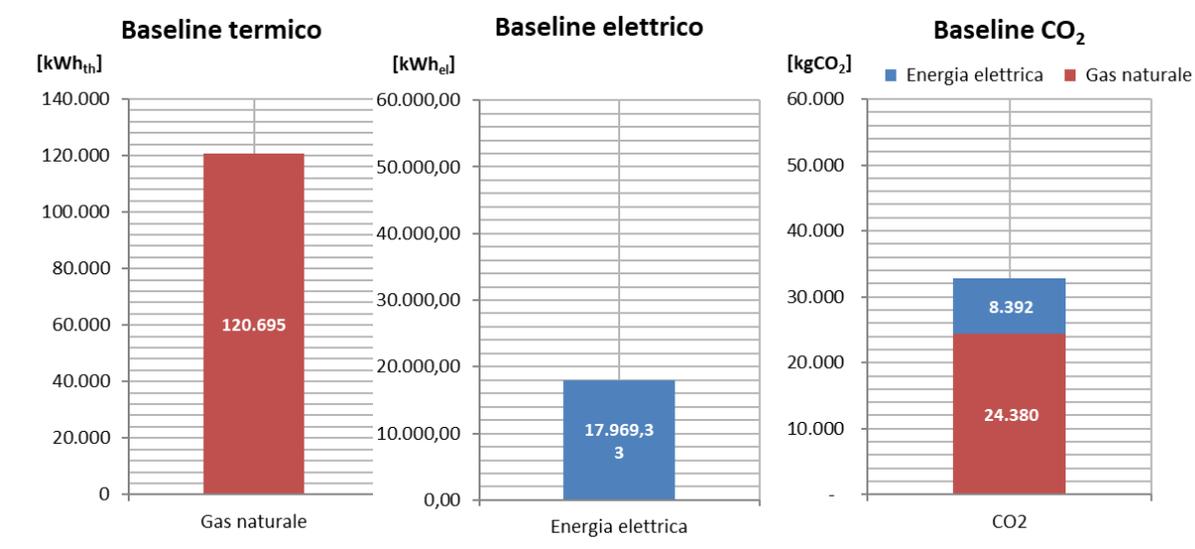
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

\* 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 5.11

Tabella 5.11– Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	17.969,33	* 0,467	8,39
Gas naturale	120.695	* 0,202	24,38

Figura 5.6 – 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 5.12- Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F <sub>P,nren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
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 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.784	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.867	m <sup>3</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	12.274,43	m <sup>3</sup>

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	120.695	1,05	126.729	45,5	44,2	10,3	8,76	8,50	1,99
Energia elettrica	17.969	2,42	43.486	15,6	15,2	3,5	3,01	2,93	0,68
<b>TOTALE</b>			<b>170.215</b>	<b>61</b>	<b>59</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>3</b>

Tabella 5.15– Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	120.695	1,05	126.729	45,5	44,2	10,3	8,76	8,50	1,99
Energia elettrica	17.969	1,95	35.040	12,6	12,2	2,9	3,01	2,93	0,68
<b>TOTALE</b>			<b>161.770</b>	<b>58</b>	<b>56</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>3</b>

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazione

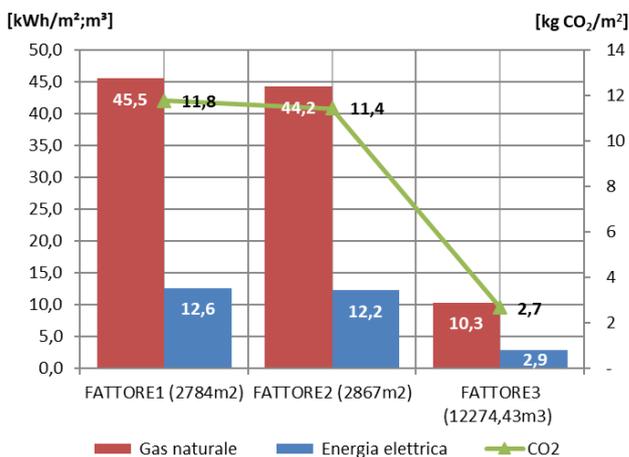
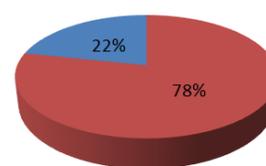
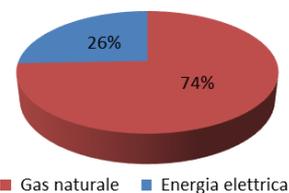


Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria



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



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <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	6,04	4,11	7,05	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	4,68	4,44	4,74

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori BUONI sia per l'indice IEN<sub>R</sub> che per l'indice IEN<sub>E</sub>.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati 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 NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	181,26	191,38
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	141,28	141,76
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,21	0,26
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	39,78	49,36
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	-	48,93

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
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	39.079,24	386.483,3
Energia Elettrica	-	112.847,78

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 [kWh <sub>el</sub> ]
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)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (1): Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

### 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 le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell'edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all'interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

In 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 NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno	85,32	95,00
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	45,34	45,38
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,21	0,26
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	39,78	49,36
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	-	28,15

Nota: i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO<sub>2</sub> dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO<sub>2</sub>/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO<sub>2</sub>/kWh per l’energia elettrica.

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all’utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	12.711,89	119.746
		17.184

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]	[%]
119.746	120.695	0,79

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.

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell’Allegato B – Elaborati.

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

EE <sub>teorico</sub> [kWh/anno]	EE <sub>baseline</sub> [kWh/anno]	Congruità [%]
17.184	17.969	4,6

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

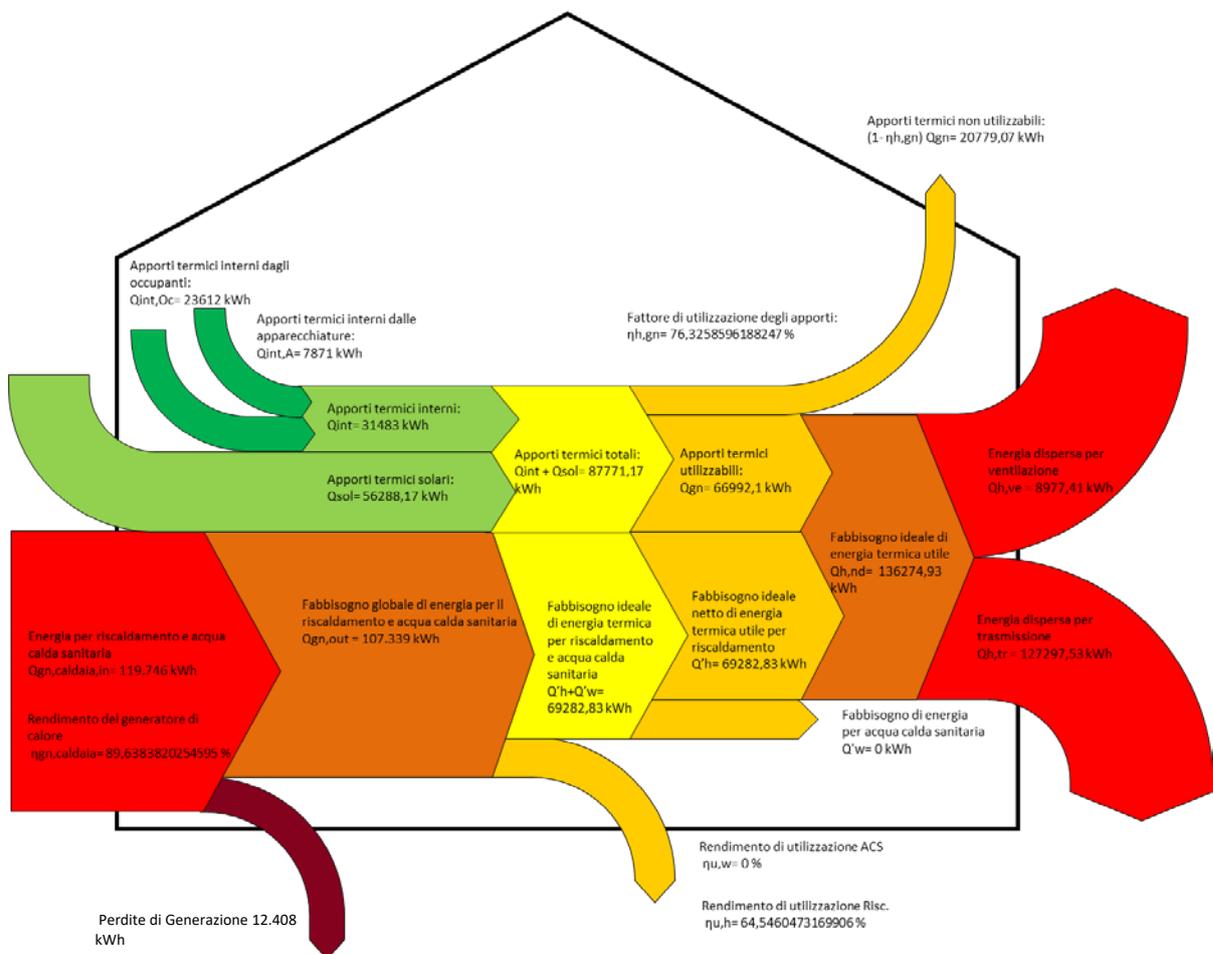
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento del flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato nella figura che segue.

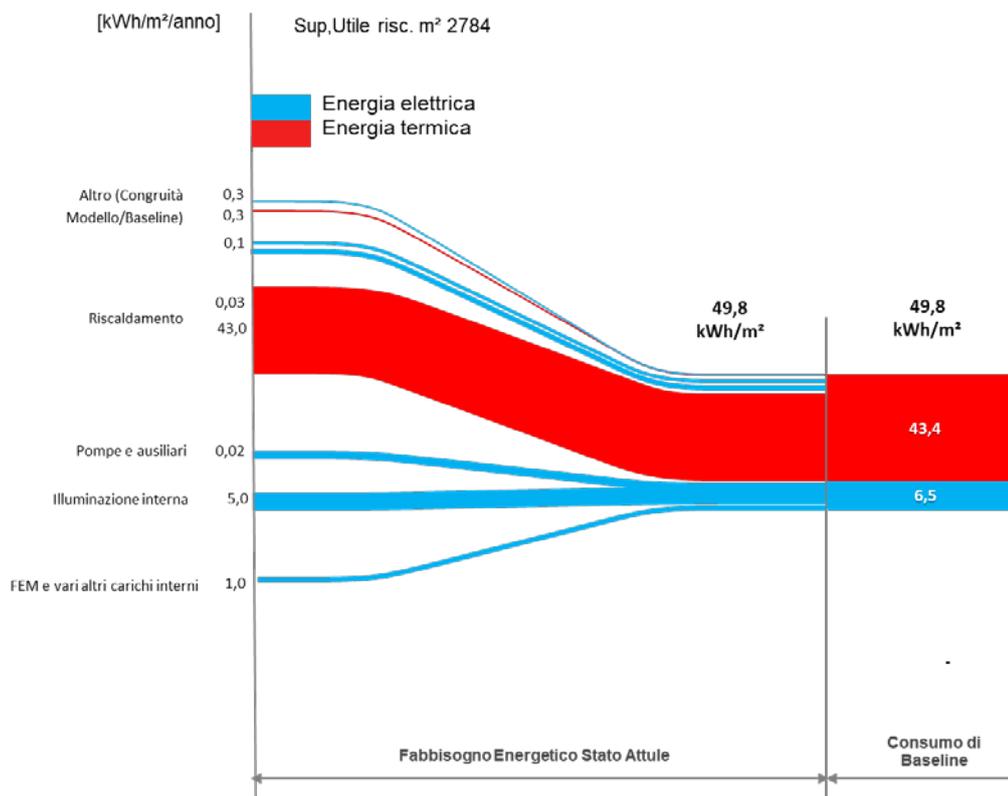
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 76% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è il 64%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



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

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

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

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

Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare che il gas naturale   impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell'energia elettrica risulta essere l'illuminazione interna.

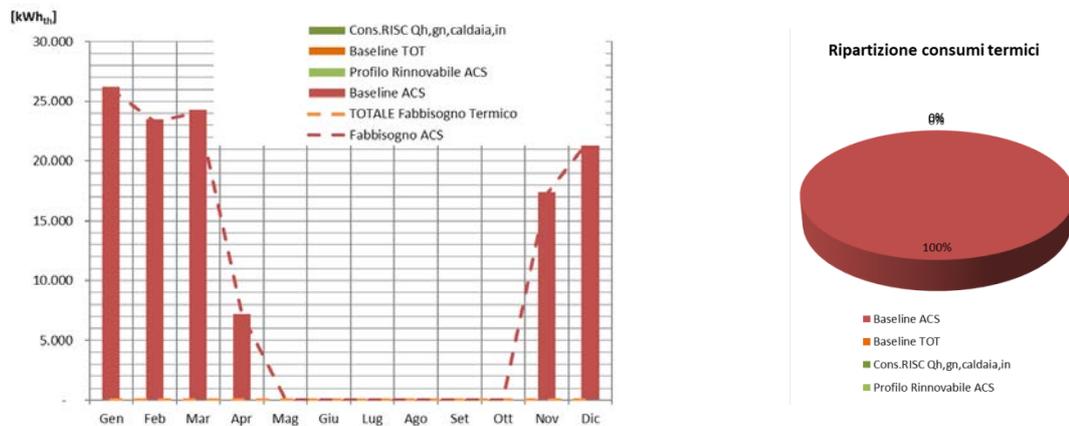
### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la

normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l'utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione è riportata 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 tale utilizzo.

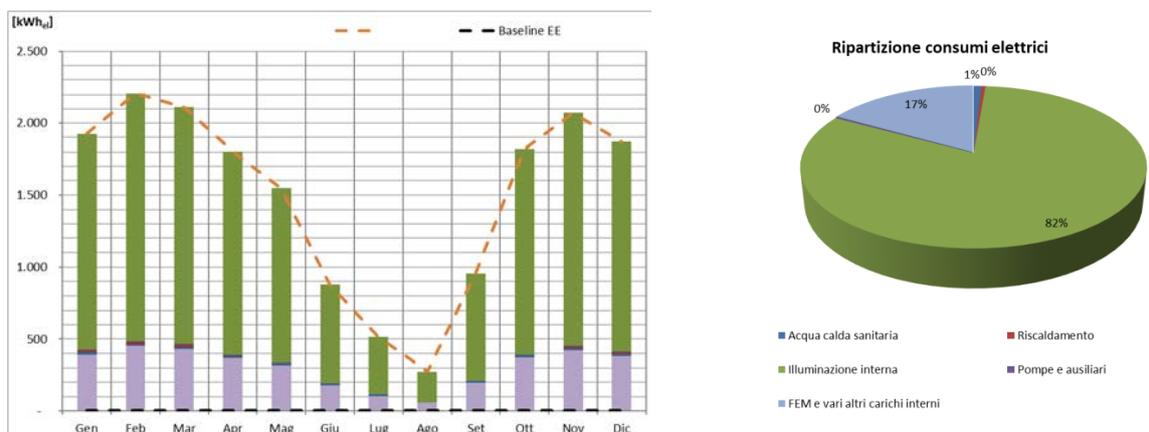
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo FEM e altri carichi interni e all'impianto di illuminazione interna, pertanto uno degli interventi migliorativi proposti, andrà ad interessare l'impianto di illuminazione.

## 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 riferito al PDR 16220050619139 avviene tramite un 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 tuttavia per la valutazione del risparmio negli interventi migliorativi simulati si è risalito al costo unitario al m<sup>3</sup> di tale contratto.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

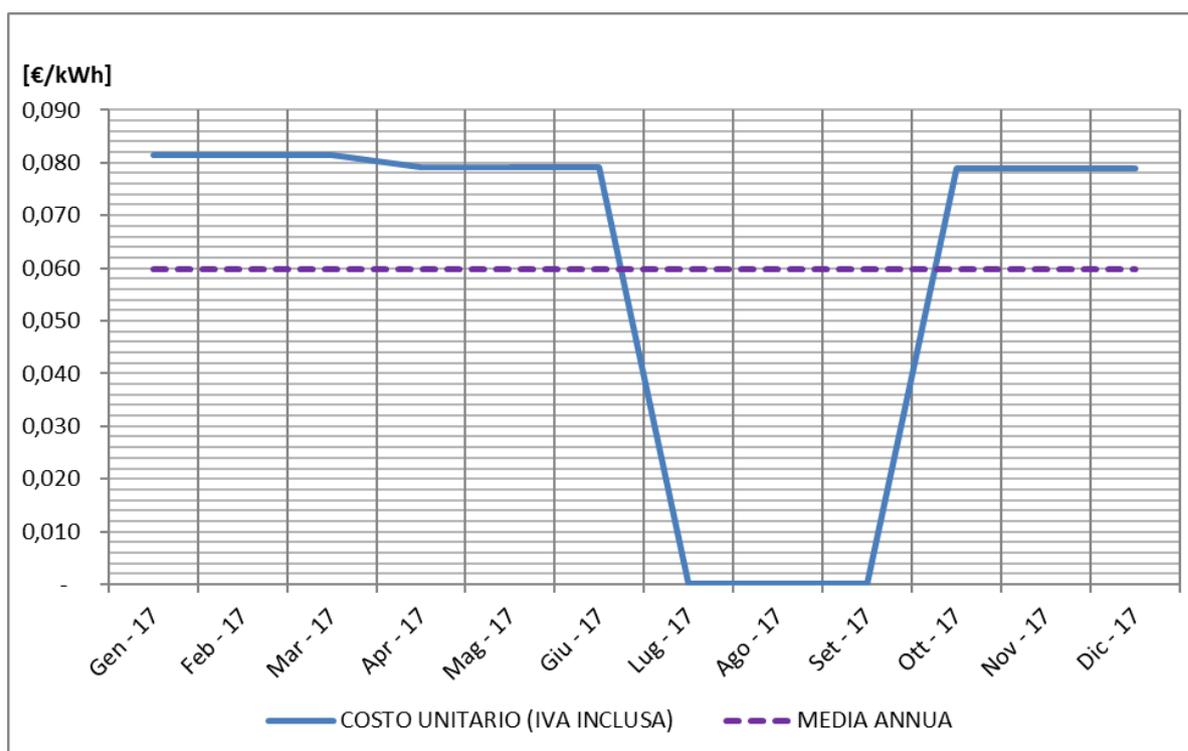
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 Prezzo unitario mensile 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,081
Feb - 17	0,081
Mar - 17	0,081
Apr - 17	0,079
Mag - 17	0,079
Giu - 17	0,079
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,079
Nov - 17	0,079
Dic - 17	0,079
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,0805</b>

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

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00095999 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 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: IT001E00095999	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA CARLO ROLANDO 12 GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, via Francia 1, 16124 Genova		
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 -31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	22 kW	22 - 20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	22 kW	22 kW	22 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	-	A6	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,08 €/kWh	0,05 €/kWh	0,07 €/kWh

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

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

Nella tabella seguente 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: IT001E00095999	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO O FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 100,95	€ 20,33	€ 176,00	€ 17,69	€ 31,50	€ 346,47	1.415	€ 0,32
Febbraio	€ 264,73	€ 45,07	€ 340,86	€ 41,97	€ 69,27	€ 761,90	2.372	€ 0,22
Marzo	€ 186,45	€ 32,03	€ 254,84	€ 30,95	€ 50,43	€ 554,70	2.476	€ 0,23
Aprile	€ 168,56	€ 39,63	€ 242,79	€ 28,25	€ 48,00	€ 527,23	2.260	€ 0,24
Maggio	€ 145,80	€ 32,59	€ 217,27	€ 24,23	€ 42,06	€ 461,95	1.938	€ 0,22
Giugno	€ 72,12	€ 16,88	€ 92,52	€ 12,26	€ 19,38	€ 213,16	981	€ 0,39
Luglio	€ 27,43	€ 6,09	€ 96,89	€ 4,79	€ 13,52	€ 148,72	383	€ 0,52
Agosto	€ 15,97	€ 3,82	€ 84,65	€ 2,84	€ 10,69	€ 117,97	227	€ 0,27
Settembre	€ 78,30	€ 16,44	€ 147,45	€ 12,88	€ 25,50	€ 280,57	1.030	€ 0,25
Ottobre	€ 119,70	€ 22,73	€ 191,29	€ 19,36	€ 35,31	€ 388,39	1.551	€ 0,24
Novembre	€ 132,62	€ 25,48	€ 206,09	€ 21,70	€ 38,59	€ 424,48	1.736	€ 0,24
Dicembre	€ 132,62	€ 25,48	€ 206,09	€ 21,70	€ 38,59	€ 424,48	1.736	€ 0,32
<b>Totale</b>	<b>€ 1.445,25</b>	<b>€ 286,57</b>	<b>€ 2.256,74</b>	<b>€ 238,62</b>	<b>€ 422,84</b>	<b>€ 4.650,02</b>	<b>18.105</b>	<b>€ 0,257</b>
POD: IT001E00095999	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO O FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 268,14	€ 50,61	€ 421,62	€ 45,97	€ 78,63	€ 864,97	2.067	€ 0,42
Febbraio	€ 133,26	€ 25,84	€ 215,23	€ 24,14	€ 39,84	€ 438,31	1.931	€ 0,23
Marzo	€ 125,74	€ 24,38	€ 203,08	€ 22,78	€ 37,60	€ 413,58	1.822	€ 0,23
Aprile	€ 76,15		€ 161,02	€ 15,96	€ 25,31	€ 278,44	1.277	€ 0,22
Maggio	€ 56,25		€ 145,57	€ 11,84	€ 21,37	€ 235,03	1.038	€ 0,23
Giugno	€ 48,65		€ 134,98	€ 10,88	€ 19,45	€ 213,96	870	€ 0,25
Luglio	€ 27,80		€ 106,88	€ 2,02	€ 13,67	€ 150,35	771	€ 0,20
Agosto	€ 30,29		€ 112,76	€ 2,94	€ 14,60	€ 160,57	323	€ 0,50
Settembre	€ 44,82		€ 136,29	€ 11,61	€ 19,27	€ 211,99	929	€ 0,23
Ottobre	€ 85,23		€ 232,43	€ 24,73	€ 34,24	€ 376,63	1.978	€ 0,19
Novembre	€ 98,45		€ 255,37	€ 28,19	€ 38,20	€ 420,21	2.255	€ 0,19
Dicembre	€ 84,51		€ 227,86	€ 24,04	€ 33,64	€ 370,05	1.923	€ 0,19
<b>Totale</b>	<b>€ 1.079,28</b>	<b>€ 100,83</b>	<b>€ 2.353,08</b>	<b>€ 225,09</b>	<b>€ 375,82</b>	<b>€ 4.134,10</b>	<b>17.184</b>	<b>€ 0,241</b>
POD: IT001E00095999	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO O FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 100,06		€ 235,19	€ 28,41	€ 36,37	€ 400,03	2.273	€ 0,18
Febbraio	€ 94,84		€ 234,02	€ 28,96	€ 35,78	€ 393,60	2.317	€ 0,17
Marzo	€ 77,76		€ 216,79	€ 25,30	€ 31,99	€ 351,84	2.024	€ 0,17
Aprile	€ 99,82	€ 140,11	€ 70,49	€ 23,50	€ 17,03	€ 350,95	1.880	€ 0,19
Maggio	€ 95,58	€ 126,42	€ 68,33	€ 20,99	€ 16,39	€ 327,71	1.679	€ 0,20
Giugno	€ 45,55	€ 59,89	€ 64,72	€ 9,66	€ 18,00	€ 197,82	773	€ 0,26

Luglio	€ 23,34	€ 40,66	€ 72,46	€ 4,60	€ 14,11	€ 155,17	368	€ 0,42
Agosto	€ 17,76	€ 30,94	€ 55,13	€ 3,50	€ 10,75	€ 118,08	280	€ 0,42
Settembre	€ 65,63	€ 73,03	€ 61,33	€ 11,31	€ 21,04	€ 232,34	905	€ 0,26
Ottobre	€ 159,48	€ 144,42	€ 72,15	€ 24,46	€ 40,19	€ 440,70	1.957	€ 0,23
Novembre	€ 199,58	€ 163,98	€ 74,60	€ 27,79	€ 46,38	€ 512,33	2.223	€ 0,23
Dicembre	€ 166,19	€ 144,64	€ 71,48	€ 24,25	€ 40,66	€ 447,22	1.940	€ 0,23
<b>Totale</b>	<b>€ 1.145,59</b>	<b>€ 924,09</b>	<b>€ 1.296,69</b>	<b>€ 232,73</b>	<b>€ 328,68</b>	<b>€ 3.927,78</b>	<b>18.619</b>	<b>€ 0,21</b>

Nota (1) per dicembre 2014, marzo 2015 e luglio 2016 non si sono trovati dati in fattura per cui i valori sono stati ricavati per raffronto/similitudine con i mesi precedenti

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

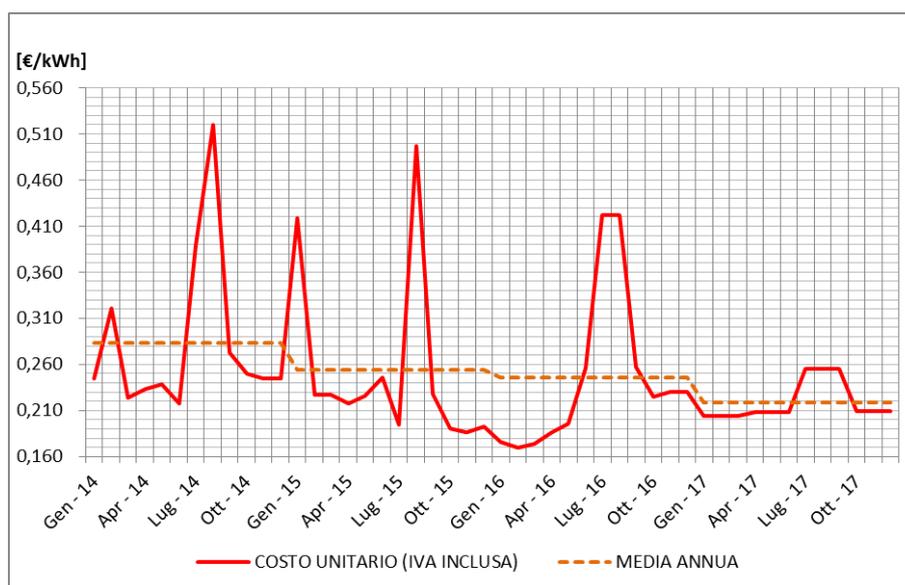
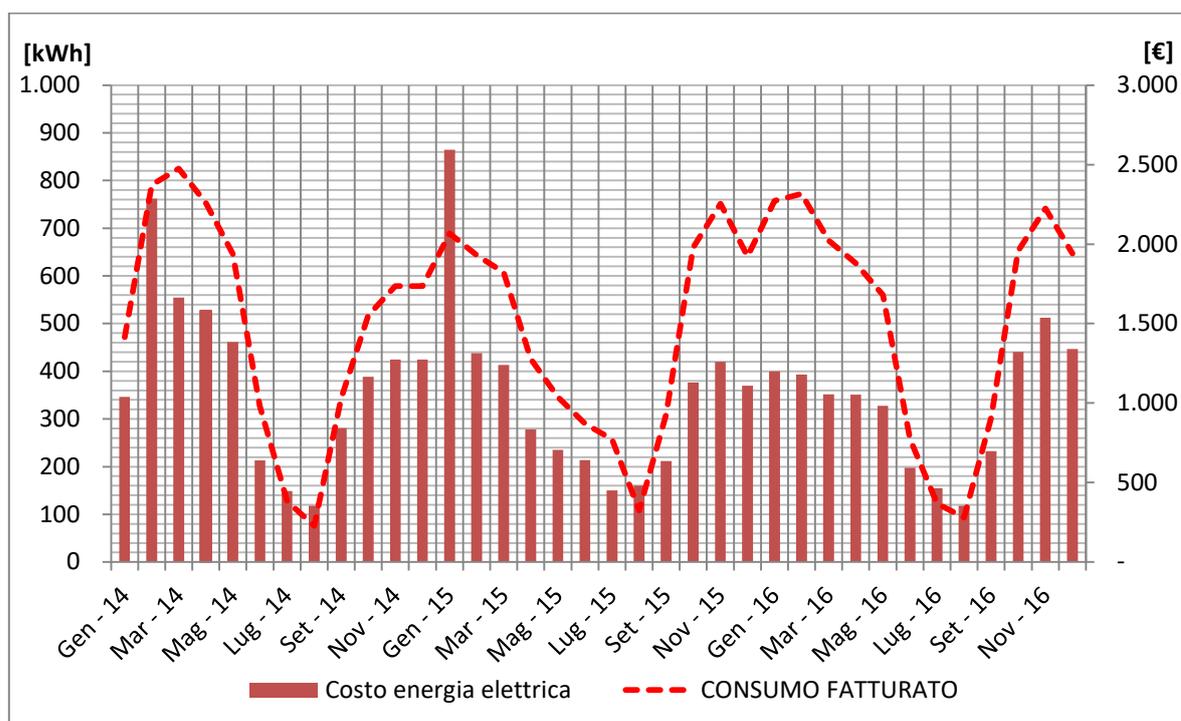


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica.

## 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 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		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	112.374	-	-	18.105	4.227,18	0,257
2015	86.398	-	-	17.184	4.134,10	0,241
2016	148.092	-	-	18.619	3.927,78	0,211
Media	115.621	-	-	17.969	4.096,35	0,227

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

Nota (1): valore ricavato in parte da consumi di gasolio ed in parte da consumi di gas metano.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu <sub>Q</sub>	0,08 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu <sub>EE</sub>	0,219 [€/kWh]

Nota: valori al lordo di 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:

- L1-042-117: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 22.058 €.

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

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

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

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

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

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

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	$C_{MO}$ 9.754	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{MS}$ 2.593	[€/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:

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

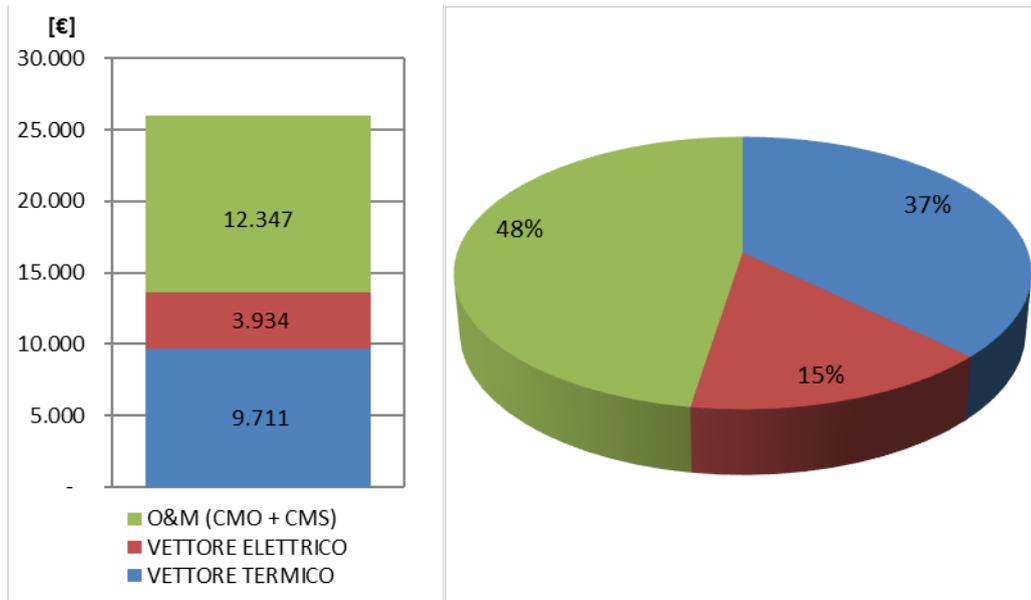
Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 13.645 euro e un  $C_{baseline}$  pari a 25.992 euro.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
120.695	0,080	9.711	17.969	0,219	3.934	12.347	9.754	2.593	25.992

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM2: Isolamento del solaio di copertura

###### Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere.

Figura 8.1 - Particolare copertura su cui intervenire.

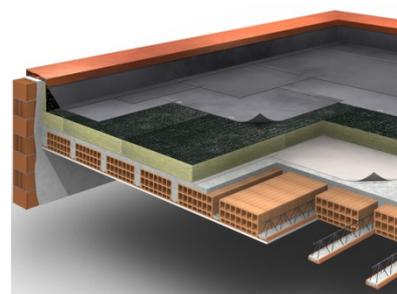


###### Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo essa a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento). Perché l'elemento termoisolante mantenga nel tempo le proprie caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore, è molto importante che esso, salvo casi particolari, venga protetto da uno schermo o barriera al vapore posto al di sotto di esso in modo da evitare che l'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti ne pregiudichi nel tempo le caratteristiche

Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica  $\lambda$  **0,038 W/mK**,  $150 \text{ kg/m}^3$

Spessore isolante: 16 cm



###### Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

- verifica della planarità della superficie destinata a ricevere la barriera al vapore ed eliminazione di eventuali asperità;
- posa della barriera al vapore;
- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti: si utilizzano, per questo, pannelli con bordi perimetrali a battente;
- stesura dello strato di separazione costituito da un tessuto non tessuto in poliestere
- posa del manto impermeabile.

### Prestazioni raggiungibili

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

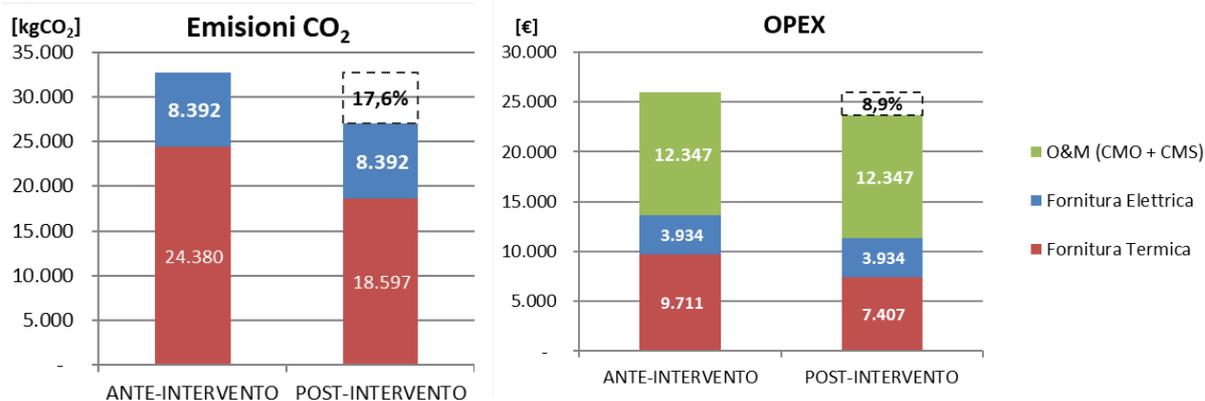
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM2: Isolamento del solaio di copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,626	0,206	<b>64,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	119.746	91.339	<b>23,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.184	17.184	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.695	92.063	<b>23,7%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.969	17.969	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.380	18.597	<b>23,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.392	8.392	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.772</b>	<b>26.988</b>	<b>17,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9.711	7.407	<b>23,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.934	3.934	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.644</b>	<b>11.341</b>	<b>16,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	9.754	9.754	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.593	2.593	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>12.347</b>	<b>12.347</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.992</b>	<b>23.688</b>	<b>8,9%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	nessun salto di classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## **EEM4: Sostituzione serramenti**

### **Generalità**

Visto lo stato di enorme degrado dei serramenti attualmente esistenti nella scuola l'intervento prevede la sostituzione della maggior parte dei serramenti esistenti ed in particolare:

- ✘ Finestra a tre ante con soprauce da 258x180 cm
- ✘ Finestra a due ante con soprauce da 150x180 cm.

Un intervento ottimale prevedrebbe la sostituzione integrale dei serramenti ma l'analisi costi benefici ha dato esito negativo per una sostituzione globale.

Figura 8.3 - Particolare serramenti da sostituire.



### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del confort interno e della sicurezza.

### **Serramenti in legno/PVC/alluminio con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m<sup>2</sup>K**

Infissi in pvc con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210.

Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.



### **Descrizione dei lavori**

Inserire nell'opera muraria un'apposita controcassa, su misura da progetto. Successivamente effettuare l'installazione del serramento completo di ferramenta, guarnizioni e vetro per garantire il corretto isolamento termico e acustico.

Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili).

Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla superficie esterna della costruzione.

I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

L'installazione del profilo tramite viti autofilettanti in acciaio, garantirà il diretto fissaggio tra i componenti edilizi, aumentato ulteriormente dall'inserimento di schiuma poliuretanica negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.2.

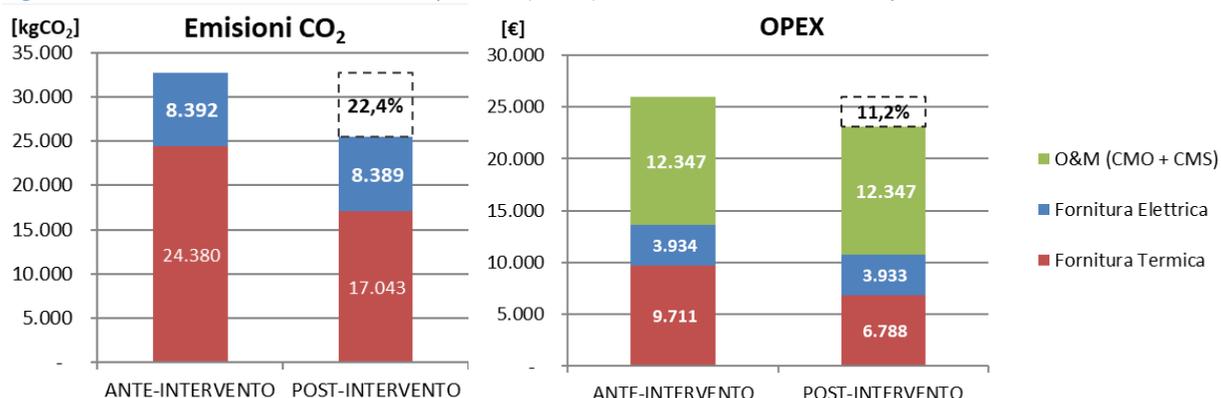
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM4: Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> K]	5,2	1,5	<b>64,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	119.746	83.708	<b>30,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.184	17.179	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.695	84.371	<b>30,1%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.969	17.964	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.380	17.043	<b>30,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.392	8.389	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.772</b>	<b>25.432</b>	<b>22,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9.711	6.788	<b>30,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.934	3.933	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.644</b>	<b>10.721</b>	<b>21,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	9.754	9.754	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.593	2.593	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>12.347</b>	<b>12.347</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.992</b>	<b>23.068</b>	<b>11,2%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	nessun salto di classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM1: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

##### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con una pompa di calore ad alta efficienza e contestuale installazione di circolatori

ad inverter in classe “A”, di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La pompa di calore, ad alta efficienza, dovrà garantire temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite da propria centralina climatica.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l’installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

La pompa di calore dovrà essere dotata di un circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della pompa di calore. Tale pompa garantirà la circolazione dell’acqua primaria tra la pompa di calore ed il serbatoio di accumulo mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L’utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l’effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L’installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all’impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell’effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

### **Descrizione dei lavori**

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installata la pompa di calore con serbatoio di accumulo e circuito primario. Al serbatoio verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l’installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l’ottimizzazione del sistema.



Figura 8.5 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.8.

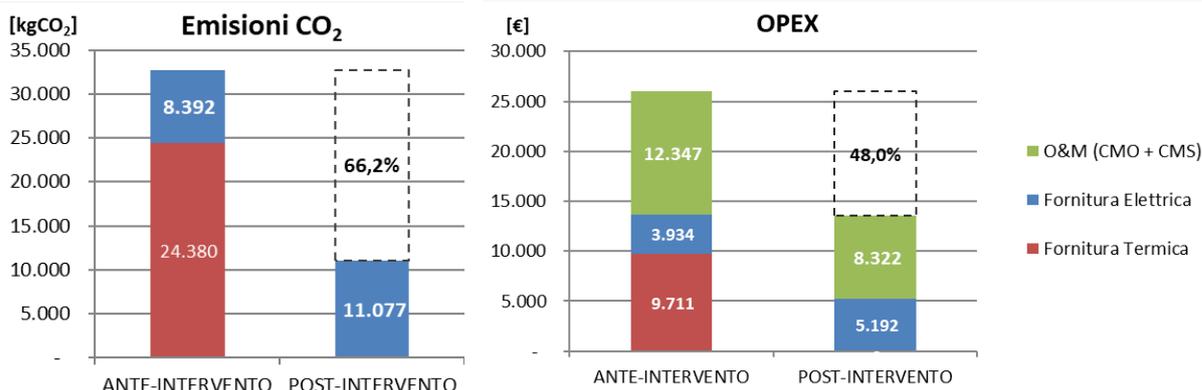
Tabella 8.8 – Risultati analisi EEM1: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [Rendimento]	[%]	90,30%	402,00%	<b>-345,2%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	119.746		
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.184	22.683	<b>-32,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	120.695		<b>100,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	17.969	23.720	<b>-32,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.380		<b>100,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.392	11.077	<b>-32,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.772</b>	<b>11.077</b>	<b>66,2%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9.711		<b>100,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	3.934	5.192	<b>-32,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>13.644</b>	<b>5.192</b>	<b>61,9%</b>
$C_{MO}$	[€]	9.754	7.803	<b>20,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.593	519	<b>80,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>12.347</b>	<b>8.322</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>25.992</b>	<b>13.514</b>	<b>48,0%</b>
Classe energetica	[-]	D	A1	+ 3 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) La riduzione del 32,6% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.6 – EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### **EEM5: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

#### **Generalità**

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione omologato quattro stelle e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La caldaia a condensazione- omologata quattro stelle- garantirà temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite dalla centralina climatica della caldaia.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

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

La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

### Descrizione dei lavori

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installato il nuovo generatore di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Figura 8.7 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.9.

Tabella 8.9 – Risultati analisi EEM5: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 [Rendimento]	[%]	90,30%	103,00%	<b>-14,1%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	119.746	77.250	<b>35,5%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.184	17.081	<b>0,6%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	120.695	77.862	<b>35,5%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	17.969	17.862	<b>0,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.380	15.728	<b>35,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.392	8.342	<b>0,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.772</b>	<b>24.070</b>	<b>26,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9.711	6.265	<b>35,5%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	3.934	3.910	<b>0,6%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>13.644</b>	<b>10.175</b>	<b>25,4%</b>
$C_{MO}$	[€]	9.754	7.803	<b>20,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.593	519	<b>80,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>12.347</b>	<b>8.322</b>	<b>32,6%</b>

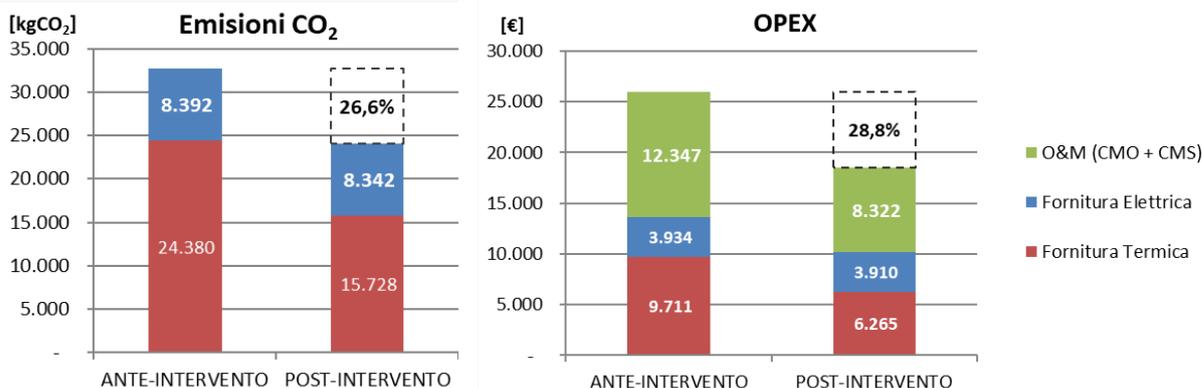
OPEX	[€]	25.992	18.497	28,8%
Classe energetica	[-]	D	D	nessun salto di classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) La riduzione del 32,6% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.8 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

### 8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessuna EEM prevista perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Visto l'ottimo stato di manutenzione degli apparecchi illuminanti non si è ritenuto opportuno indagare questa opportunità.

### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

#### EEM3: Installazione impianto fotovoltaico sulla copertura

##### Generalità



Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a **13,7 kWp**.

Produzione di circa **18.100 kWh** annui distribuiti su una superficie di 110 m<sup>2</sup> circa.

## Caratteristiche funzionali e tecniche

### Rendimento di FV in rete

#### **PVGIS stime di generazione elettricità solare**

Luogo: 44°24'57" Nord, 8°53'13" Est, Quota: 8 m.s.l.m.,  
 Database di radiazione solare usato: PVGIS-CMSAF

Potenza nominale del sistema FV: 13.7 kW (silicio cristallino)

Stime di perdite causata da temperatura e irradianza bassa: 9.6% (usando temperatura esterna locale)

Stima di perdita causata da effetti di riflessione: 2.7%

Altre perdite (cavi, inverter, ecc.): 14.0%

Perdite totali del sistema FV: 24.4%

<b>Sistema fisso: inclinazione=36 gradi, orientamento=0 gradi (optimum)</b>				
<b>Mese</b>	<b>Ed</b>	<b>Em</b>	<b>Hd</b>	<b>Hm</b>
Gen	27.70	858	2.52	78.0
Feb	41.50	1160	3.80	106
Mar	52.20	1620	4.90	152
Apr	57.30	1720	5.50	165
Mag	62.80	1950	6.11	190
Giu	66.20	1990	6.56	197
Lug	68.90	2140	6.93	215
Ago	64.60	2000	6.50	202
Set	57.50	1720	5.68	170
Ott	41.40	1280	3.98	123
Nov	30.30	908	2.82	84.6
Dic	25.60	792	2.34	72.5
Anno	49.70	1510	4.81	146
Totale per l'anno		18100		1750

Ed: Produzione elettrica media giornaliera dal sistema indicata (kWh)

Em: Produzione elettrica media mensile dal sistema indicata (kWh)

Hd: Media dell'irraggiamento giornaliero al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m2)

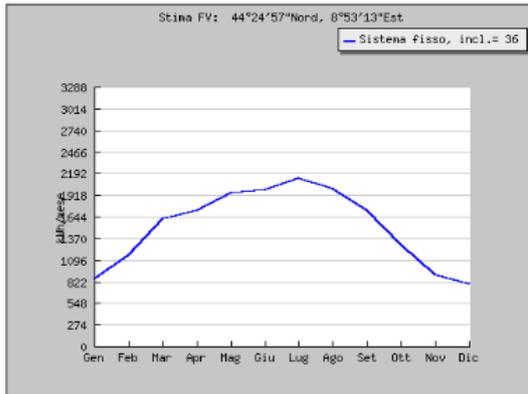
Hm: Media dell'irraggiamento al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m2)

#### **Descrizione dei lavori**

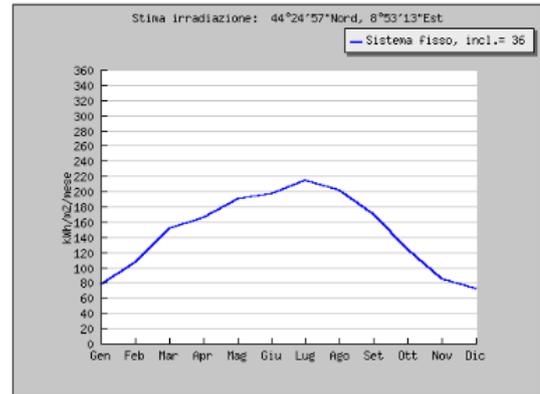
L'installazione di tutte le componenti dell'impianto avverrà sulla copertura e nel locale tecnico sul tetto. Da lì si intercederà l'impianto elettrico dell'edificio ed il contatore di rete.

#### **Prestazioni raggiungibili**

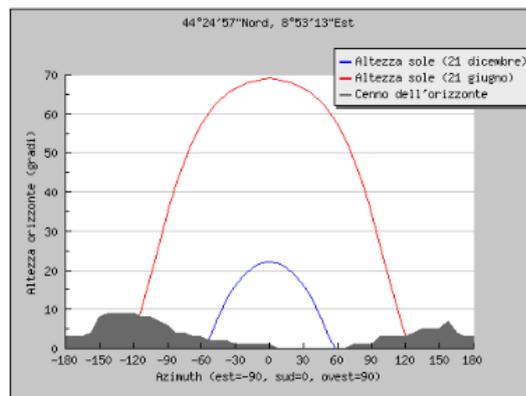
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella tabella 8.10



Produzione di energia mensile da un sistema FV fisso



Irraggiamento mensile nel piano per angolo fisso



Corno dell'orizzonte con l'altezza solare per solstizio invernale ed estivo

Figura 8.9 – Specifiche impianto fotovoltaico simulato

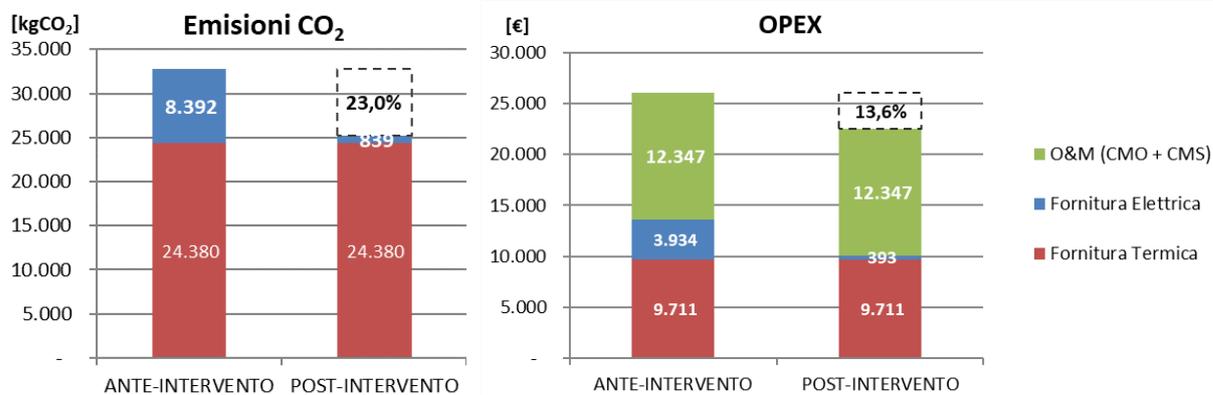
Tabella 8.10 – Risultati analisi EEM3: installazione impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Potenza installata	kWp	0	13,7	-100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	119.746	119.746	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.184	1.718	90,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	120.695	120.695	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	17.969	1.797	90,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.380	24.380	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.392	839	90,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.772</b>	<b>25.220</b>	<b>23,0%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9.711	9.711	0,0%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	3.934	393	90,0%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>13.644</b>	<b>10.104</b>	<b>25,9%</b>
$C_{MO}$	[€]	9.754	9.754	0,0%
$C_{MS}$	[€]	2.593	2.593	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>12.347</b>	<b>12.347</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.992</b>	<b>22.451</b>	<b>13,6%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	nessun salto di classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.10 – EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) 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 del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 1994 con una pompa di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera oltre 100 fino a 125 kWf - oltre 115 fino a 140 kWt - n° 2	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0010.h	1	cad	20.595,33	18.723,03	18.723,03	22%	22.842,09
Kit idronico	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.b	1	cad	1.420,71	1.291,55	1.291,55	22%	1.575,70
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	106	cad	35,42	32,20	3.413,20	22%	4.164,10
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 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m <sup>3</sup> /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.135	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727,23	22%	3.327,22
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 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 45,51	22%	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	25,17

4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V						
Costi per la sicurezza	-	3%	%	€	22%	€
				786,63		959,69
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				1.835,48		2.239,29
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>				<b>28.843,26</b>	<b>22%</b>	<b>35.188,78</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>			<b>18.748</b>		<b>22.873</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>					
<b>Incentivo annuo</b>				<b>3.749,6</b>		<b>4.574,6</b>

Tabella 9.2– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	65%

**EEM2: Isolamento del solaio di copertura**

Nella 9.3 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella posa di uno strato di isolante sulla copertura piana dell’edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/m <sup>2</sup> o €/m <sup>3</sup> ]	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	498,3	m <sup>2</sup>	6,55	5,95	2.967,15	22%	3.619,92
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	498,3	m <sup>2</sup>	5,67	5,15	2.568,51	22%	3.133,58
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/m <sup>3</sup> e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	498,3x16	m <sup>2</sup> cm	2,00	1,82	14.496,00	22%	17.685,12
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	216	m <sup>2</sup>	14,03	12,75	2.754,98	22%	3.361,08
Costi per la sicurezza	-	3%	%			683,60	22%	833,99
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.595,06	22%	1.945,98
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>25.065,31</b>	<b>22%</b>	<b>30.579,67</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>10.026</b>		<b>12.232</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>2.005,2</b>		<b>2.446,4</b>

Tabella 9.4– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	200 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

**EEM3: installazione impianto fotovoltaico**

Nella Tabella 9.4 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell’installazione sul tetto piano della scuola di un impianto fotovoltaico da 13,7 kWp a copertura del fabbisogno di energia elettrica della scuola.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da:								
1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato).								
2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento.	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.17.010.0010	-	-	-	-	-	-	-
3. Quadro di parallelo inverter.								
4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie.								
5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.								
Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie								
<b>Con potenza complessiva per singolo impianto:</b>								
da 1 fino a 6 kWp	1E.17.010.0010.a	0	kWp	3.105,42	2.823,11	0,00	22%	0,00
da 7 a 20 kWp	1E.17.010.0010.b	14	kWp	2.713,48	2.466,80	33.795,16	22%	41.230,10
da 21 a 50 kWp	1E.17.010.0010.c	0	kWp	2.236,65	2.033,32	0,00	22%	0,00
oltre 50 kWp	1E.17.010.0010.d	0	kWp	1.988,55	1.807,77	0,00	22%	0,00
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.013,85		22%	€ 1.236,90
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.365,66		22%	€ 2.886,11
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>37.174,68</b>	<b>22%</b>	<b>45.353,10</b>

**EEM4: sostituzione serramenti**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei serramenti originali con nuovi serramenti a vetro doppio con trasmittanza nel rispetto dei limiti per ottenere l'incentivo da conto termico.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.100	256,96	m <sup>q</sup>	39,61	36,01	9.252,90	22%	11.288,53
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	256,96	m <sup>q</sup>	328,90	299,00	76.831,04	22%	93.733,87
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	256,96	m <sup>q</sup>	47,62	43,29	11.124,03	22%	13.571,32
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 2.916,24	22%	€ 3.557,81
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 6.804,56	22%	€ 8.301,56
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>106.928,76</b>	<b>22%</b>	<b>130.453,09</b>

L'intervento di sostituzione dei serramenti potrebbe incentivare del Conto Termico se attuato in contemporanea (o in presenza di) con l'installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti. Tale concomitanza non viene in questa sede considerata in relazione all'importanza economica dell'intervento ed al suo alto tempo di ritorno che non si ridurrebbe nemmeno in presenza dell'incentivo. Viene invece tenuto in considerazione nello scenario due che mira ad un efficientamento globale dell'edificio tramite anche la riduzione del fabbisogno e non solo tramite l'efficientamento dell'impianto.

**EEM5: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 1994 con una poma di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio	Prezziario Regione Liguria PR.C76.CB10.C045	1	cad	26.754,75	24.322,50	24.322,50	22%	29.673,45
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m <sup>3</sup> km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	106	cad	35,42	32,20	3.413,20	22%	4.164,10
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	1	cad	€ 1.916,48	€ 1.742,25	€ 1.742,25	22%	2.125,55

protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m <sup>3</sup> /h								
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 40 mm fino a 65 mm								
Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 45,51	22%	55,52	
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 967,49	22%	€ 1.180,33	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.257,47	22%	€ 2.754,11	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					<b>35.474,47</b>	<b>0,22</b>	<b>43.278,85</b>	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>				<b>14.190</b>		<b>17.312</b>	
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>					<b>2.838</b>		<b>17.312</b>	

Tabella 9.7– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kWt
Valore massimo incentivo	40.000 €

## 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 del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	35.189
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	4.575
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	2,9	2,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,3	2,3
Valore attuale netto	VAN	85.230	105.595
Tasso interno di rendimento	TIR	31,9%	43,1%
Indice di profitto	IP	2,42	3,00

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.1– EEM1: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

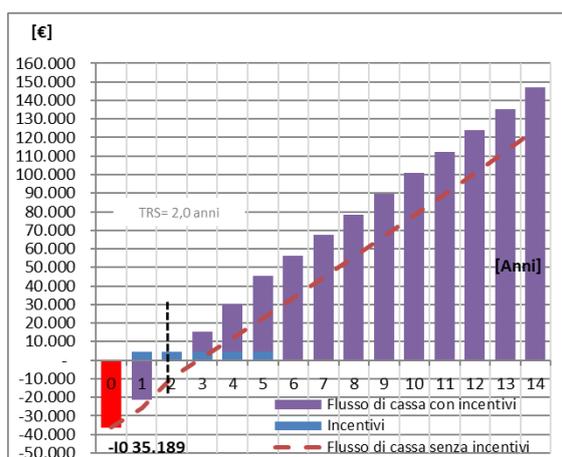
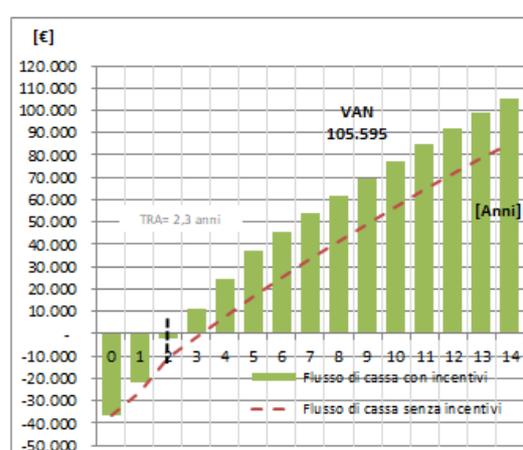


Figura 9.2 – EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento analizzato risulta economicamente vantaggioso e con tempi di ritorno molto bassi.

## EEM2: Isolamento del solaio di copertura

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	30.580
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.446
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,7	7,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,9	9,8
Valore attuale netto	VAN	10.937	21.828
Tasso interno di rendimento	TIR	6,9%	11,1%
Indice di profitto	IP	0,36	0,71

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.3 – EEM2: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

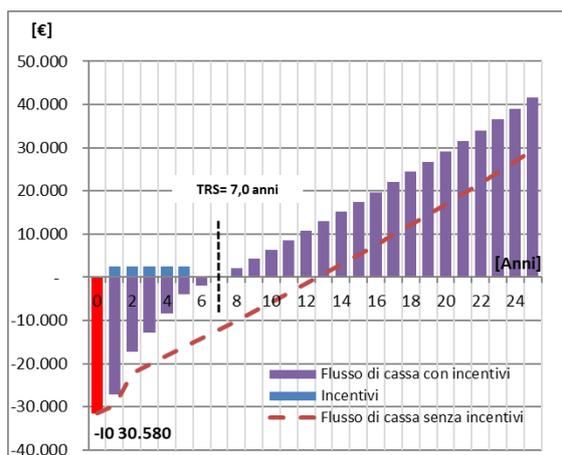
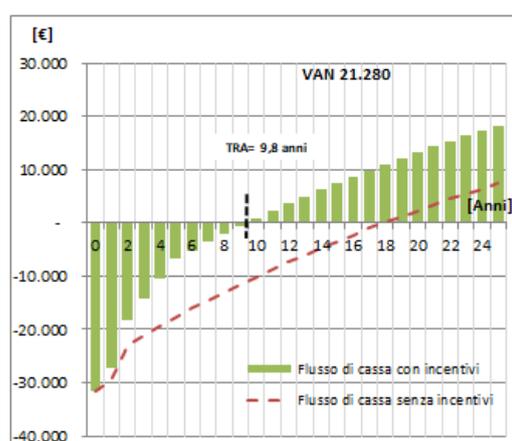


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento presenta un tempo di ritorno medio ed un VAN positivo.

### EEM3: installazione impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3: installazione impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	45.353
Oneri Finanziari % $_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	25
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,3	12,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,4	17,4
Valore attuale netto	VAN	11.271	11.271
Tasso interno di rendimento	TIR	6,4%	6,4%
Indice di profitto	IP	0,25	0,25

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.5 – EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

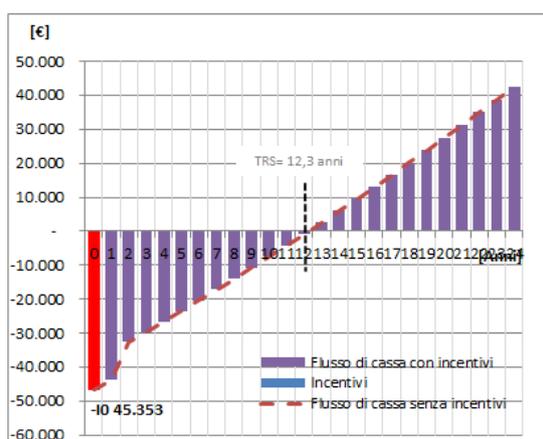
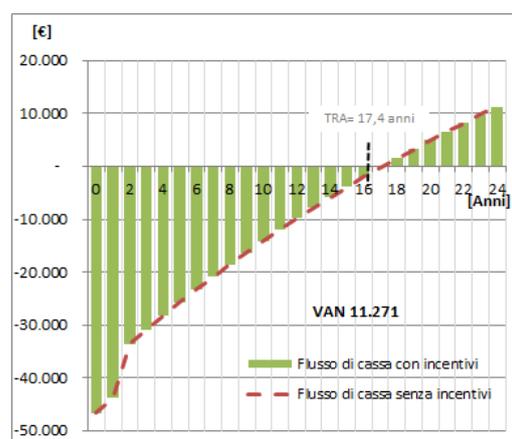


Figura 9.6 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento presenta un VAN appena appena positivo ed un tempo di ritorno semplice di 12,3 anni e di 17,4 anni attualizzato.

**EEM4: sostituzione serramenti**

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4: **sostituzione serramenti**

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	130.453
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	37,6	37,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	58,3	58,3
Valore attuale netto	VAN	65.234	65.234
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,7%	-1,7%
Indice di profitto	IP	-0,50	-0,50

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.1 – EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

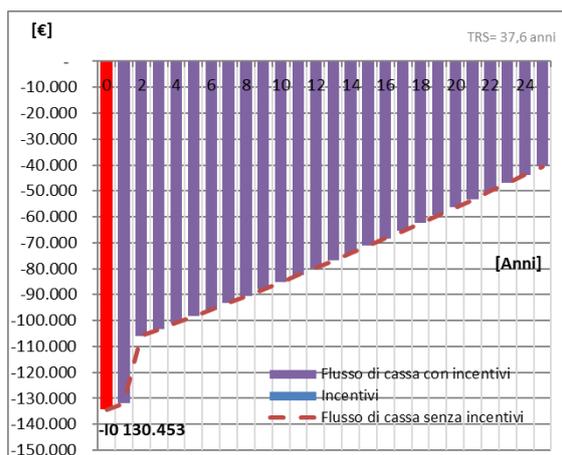
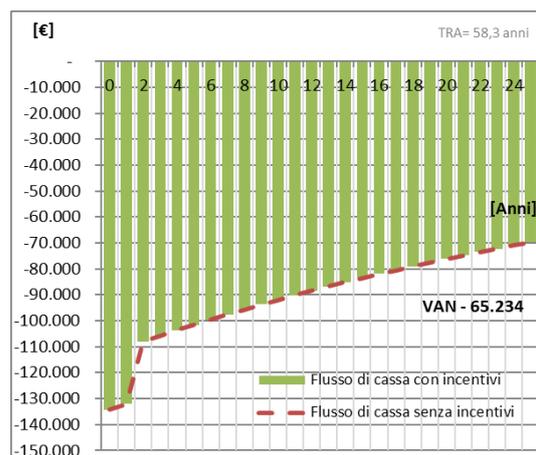


Figura 9. 2 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento da solo non risulta economicamente conveniente. Si ritiene opportuno tuttavia rimandare ai paragrafi successivi e precedenti dove si descrive lo stato di degrado spinto dei serramenti per sensibilizzare l'intervento nonostante i risultati dell'analisi economica.

### **EEM5: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5: **Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	43.279
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	3.462
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	5,8	3,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,9	4,4
Valore attuale netto	VAN	31.361	46.775
Tasso interno di rendimento	TIR	14,0%	20,5%
Indice di profitto	IP	0,72	1,08

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.9 – EEM5: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

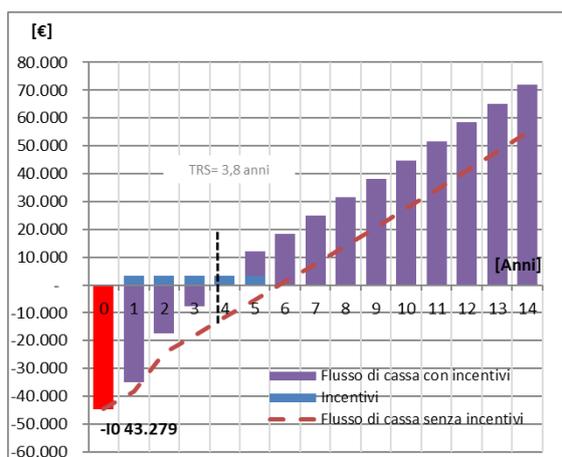
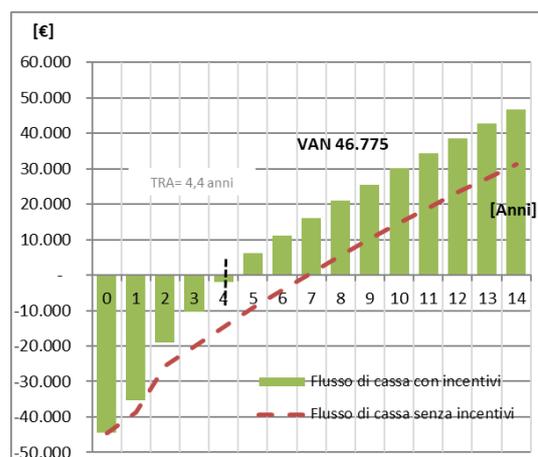


Figura 9.10 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha tempi di ritorno buoni ed un van positivo.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle tabelle seguenti.

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

SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	62%	66%	8.452	1.951	2.074	35.189	2,89	3,30	15	85.230	32%	2,42
EEM 2	17%	18%	2.304	0	0	30.580	12,70	17,94	30	10.937	7%	0,36
EEM 3	26%	23%	3.540	0	0	45.353	12,33	17,41	25	11.271	6%	0,25
EEM 4	21%	22%	2.924	0	0	130.453	>30	>30	30	<0	-2%	-0,50
EEM 5	25%	27%	3.470	1.951	2.074	43.279	5,85	6,89	15	31.361	14%	0,72

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 gli interventi con un risparmio energetico maggiore e quindi un tempo di ritorno minore risultano essere l'EEM1 e l'EEM3. Gli interventi sull'involucro risultano più onerosi e meno vantaggiosi nell'immediato ma come già riportato in precedenza sarebbero quelli da preferire nell'ottica di un vero efficientamento dell'edificio. Infine si ribadisce che l'intervento sui serramenti che economicamente non risulta sostenibile dal punto di vista energetico potrebbe diventar lo considerando anche la componente sicurezza.

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

CONINCENTIVI												
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	62%	66%	8.452	1.951	2.074	35.189	2,00	2,29	15	105.595	43%	3,00
EEM 2	17%	18%	2.304	0	0	30.580	6,97	9,75	30	21.828	11%	0,71
EEM 3	26%	23%	2.545	0	0	45.353	12,33	17,41	25	11.271	6%	0,25
EEM 4	21%	22%	2.924	0	0	130.453	>30	>30	30	<0	-2%	-0,50
EEM 5	25%	27%	3.470	1.951	2.074	43.279	3,81	4,40	15	46.775	20%	1,08

Dall'analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico emerge che i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono ma ovviamente in modo proporzionale ma gli investimenti sull'involucro diventano più accessibili.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata

la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del paramento 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 intendono accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

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

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

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

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

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

Dove:

- $Kd$  è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- $Ke$  è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- $D$  è il Debito, pari a 80% di  $I_0$
- $E$  è l'Equity, pari a 20% di  $I_0$
- $\frac{D}{D+E}$  è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- $\tau$  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) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: EEM2 + EEM5:** Tale scenario consiste in un cambio di sistema di generazione, nell'efficientamento del sistema di regolazione e dell'involucro opaco di copertura.
- **Scenario 2: EEM5 + EEM2 + EEM3 + EEM4:** Tale scenario consiste in un cambio di sistema di generazione, nell'efficientamento del sistema di regolazione, nell'installazione di un impianto di produzione dell'energia da fonte rinnovabile e nell'efficientamento dell'involucro opaco di copertura e parzialmente dell'involucro trasparente.

### 9.3.1 Scenario 1: SCN1

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

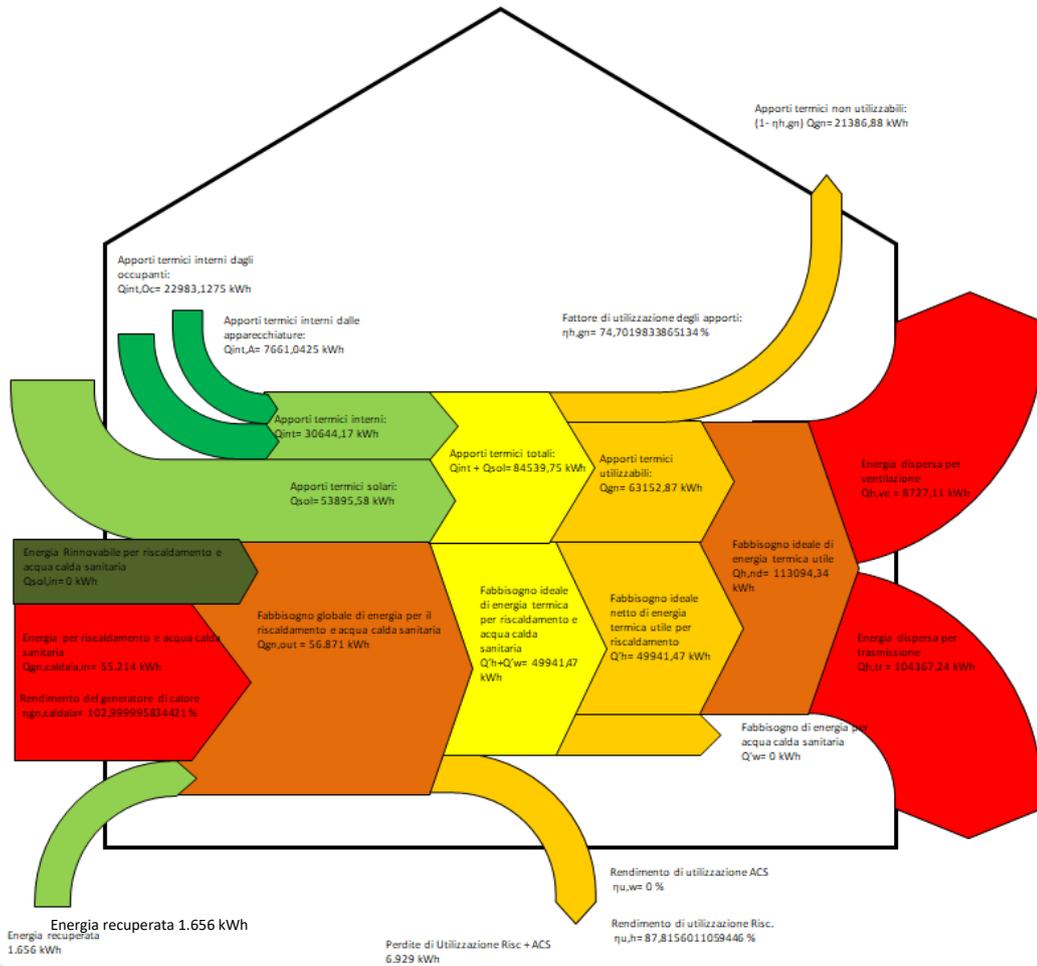
- EEM 5: sostituzione generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione valvole termostatiche
- EEM 2: isolamento solaio di copertura

Tabella 9.14 – Analisi dei costi di SCN1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	22.786,64	5.013,06	27.799,70
EEM5 Fornitura & Posa	32.249,52	7.094,89	39.344,41
Costi per la sicurezza	1.651,08	363,24	2.014,32
Costi per la progettazione	3.852,53	847,56	4.700,09
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>60.539,78</b>	<b>13.318,75</b>	<b>73.858,53</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0,00	0,00	0,00
EEM5 O&M	1.951,00	2.074,00	4.025,00
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>1.951,00</b>	<b>2.074,00</b>	<b>4.025,00</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	<b>33.297</b>	
Durata incentivi		<b>5</b>	
Incentivo annuo		<b>6.659,4</b>	

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

Figura 9.12 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



I grafici in Figura 9.12 e 9.13 mostrano come l'intervento permetta di diminuire il fabbisogno energetico per il riscaldamento, di aumentare il rendimento del generatore, di annullare il consumo di gas metano a scapito di un leggero aumento dei consumi elettrici.

Figura 9.13 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

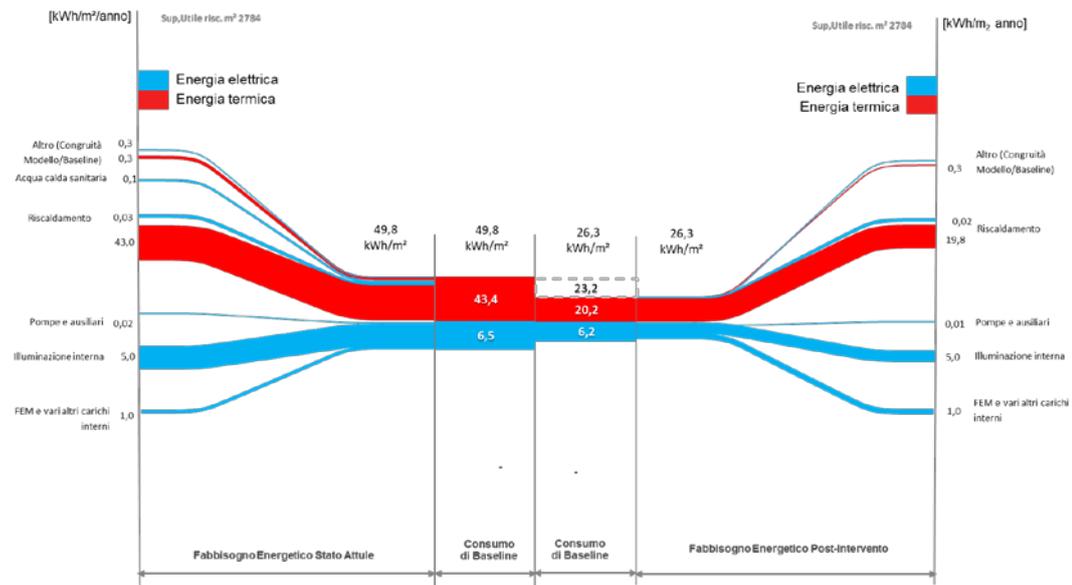


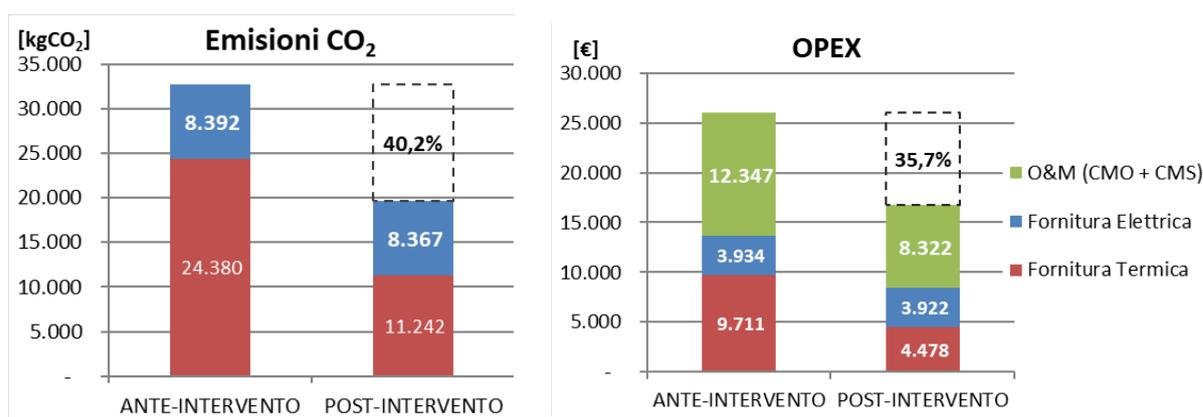
Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN1

EEM5 [Rendimento]	[%]	90,30%	103,00%	<b>-14,06%</b>
EEM2 [Trasmittanza]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,626	0,206	<b>87,30%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	119.746	55.214	<b>53,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.184	17.134	<b>0,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.695	55.652	<b>53,9%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.969	17.917	<b>0,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.380	11.242	<b>53,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.392	8.367	<b>0,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.772</b>	<b>19.609</b>	<b>40,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9.711	4.478	<b>53,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.934	3.922	<b>0,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.644</b>	<b>8.400</b>	<b>38,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	9.754	7.803	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.593	519	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>12.347</b>	<b>8.322</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>25.992</b>	<b>16.722</b>	<b>35,7%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) La riduzione del 32,6% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 9.14 – 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 nelle tabelle seguenti.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 73.859
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.216
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 76.074
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 60.859
Equity	$I_E$	€ 15.215
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	8,30
Rata annua debito	$q_D$	€ 7.331
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 73.309
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 12.449

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 11.184
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 10.121
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 21.305
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	38,4%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.677
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.065
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 47.627
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 9.087
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	48,19%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 2.619

Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	889
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	2.104
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	7.083
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	7.545
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	14.628
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	5.612
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>20.240</b>
Aliquota IVA %	$IVA$		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	13.319
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	33.297
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.18 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>6,42</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>7,61</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 25.358</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>10,56%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>34,33%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>2,50</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>2,81</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 18.749</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>46,36%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,341</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>1,399</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>25,39%</b>

Figura 9.15 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

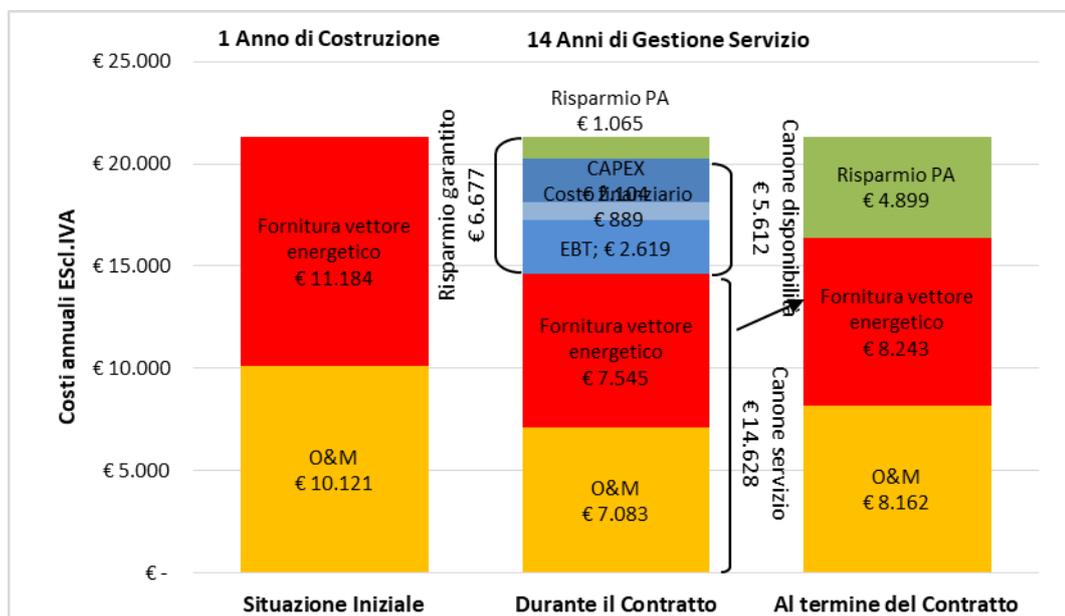


Figura 9.16 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.17 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: SCN2

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

- EEM 1: sostituzione generatore di calore con pompa di calore ed installazione valvole termostatiche
- EEM 2: isolamento solaio di copertura
- EEM 3: installazione impianto fotovoltaico
- EEM 4: sostituzione parziale involucro trasparente

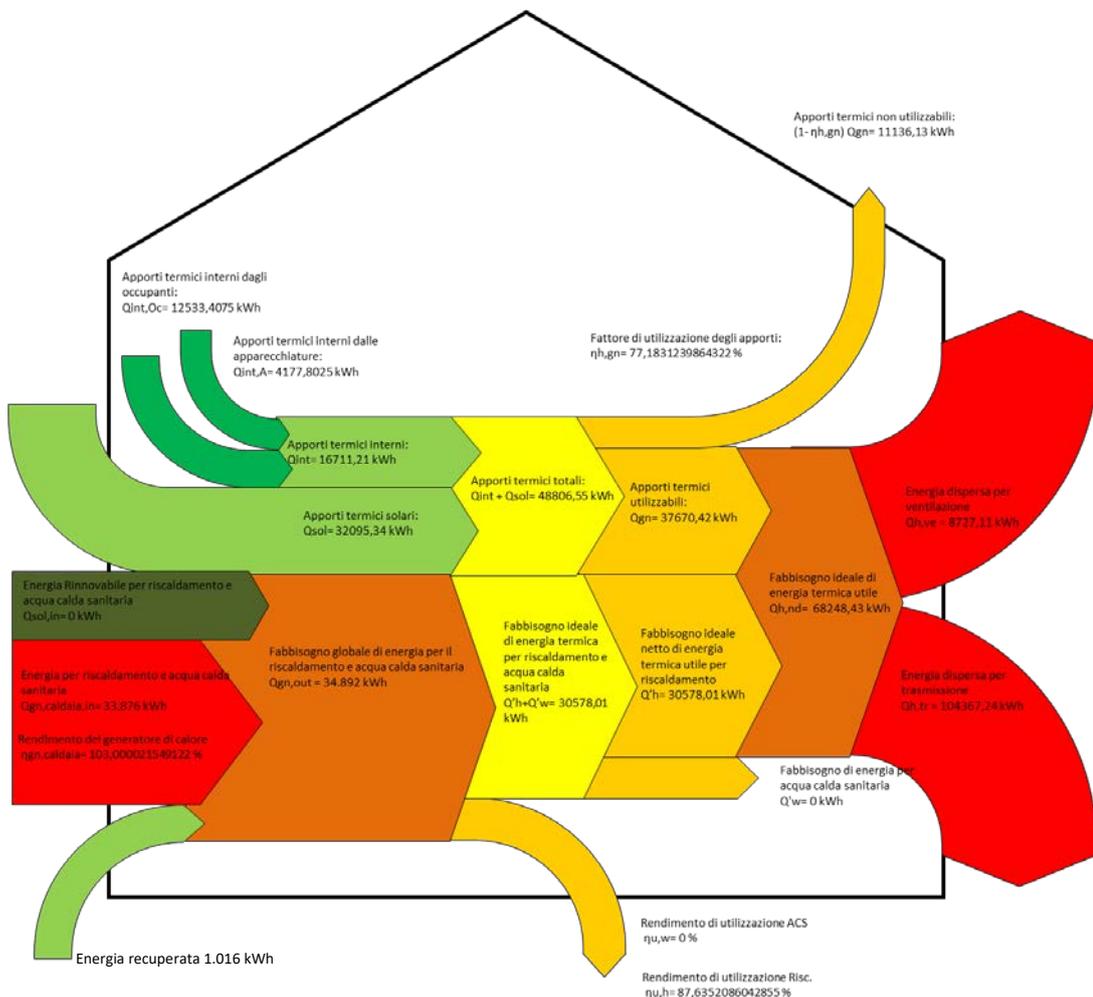
Tabella 9.19 – Analisi dei costi della EEM2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM5 Fornitura & Posa	32.249,52	7.094,89	39.344,41
EEM2 Fornitura & Posa	22.786,64	5.013,06	27.799,70
EEM3 Fornitura & Posa	33.795,16	7.434,94	41.230,10
EEM4 Fornitura & Posa	97.207,97	21.385,75	118.593,72

Costi per la sicurezza	5.581,18	1.227,86	6.809,04
Costi per la progettazione	13.022,75	2.865,01	15.887,76
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>204.643,22</b>	<b>45.021,51</b>	<b>249.664,72</b>
<b>VOCE MANUTENZIONE</b>	<b>C<sub>Mo</sub></b>	<b>C<sub>Ms</sub></b>	<b>C<sub>M</sub></b>
	<b>(IVA INCLUSA)</b>	<b>(IVA INCLUSA)</b>	<b>(IVA INCLUSA)</b>
	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>
EEM1 O&M	1.951,00	2.074,00	4.025,00
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>1.951,00</b>	<b>2.074,00</b>	<b>4.025,00</b>
<b>VOCE INCENTIVO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>TOTALE</b>	
		<b>(IVA INCLUSA)</b>	
		<b>[€]</b>	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>112.554</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>22.510,8</b>	

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

Figura 9.18 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



I grafici in Figura 9.18 e 9.19 mostrano come l'intervento permetta di diminuire il fabbisogno energetico per il riscaldamento, di aumentare il rendimento del generatore, di annullare il consumo di gas metano ed energia elettrica mediante l'installazione di un impianto fotovoltaico..

Figura 9.3 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

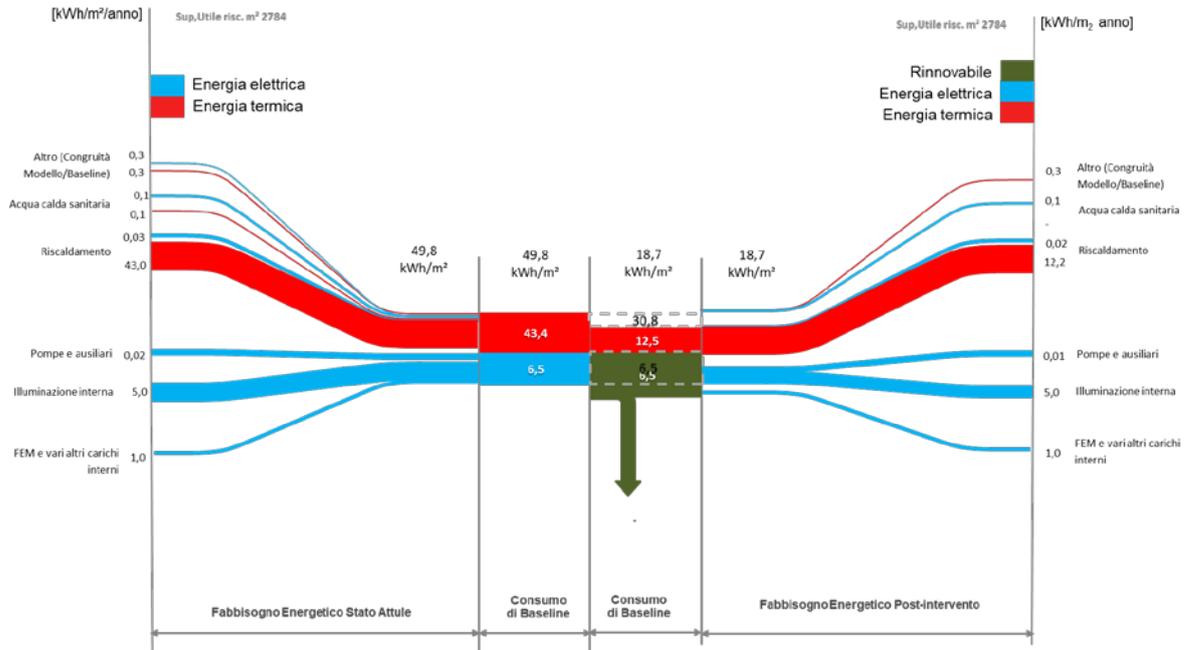


Tabella 9.20– Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [Rendimento]	[%]	90,30%	103,00%	-14,06%
EEM2 [Trasmittanza]	[W/m²K]	1,626	0,206	87,30%
EEM3 [kWp installati]	[kWp]	0	13,7	-100%
EEM4 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	5,2	1,5	71,20%
$Q_{teorico}$	[kWh]	119.746	33.876	71,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.184	966	105,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	120.695	34.144	71,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	17.969	1.011	105,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.380	6.897	71,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.392	472	105,6%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.772</b>	<b>6.425</b>	<b>80,4%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9.711	2.747	71,7%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	3.934	221	105,6%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>13.644</b>	<b>2.526</b>	<b>81,5%</b>
$C_{MO}$	[€]	9.754	7.316	25,0%
$C_{MS}$	[€]	2.593	389	85,0%

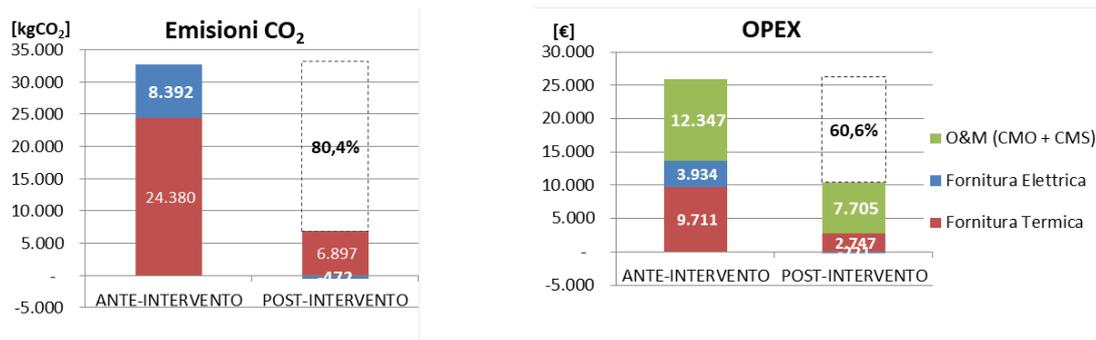
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>12.347</b>	<b>7.705</b>	<b>37,6%</b>
OPEX	[€]	<b>25.992</b>	<b>10.231</b>	<b>60,6%</b>
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) La riduzione del 32,6% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 9.20 – 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 nelle tabelle seguenti.

Tabella 9.21 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>		<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>		<b>24</b>
Anni Concessione	n		<b>25</b>
Anno inizio Concessione	n <sub>0</sub>		<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>		<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>		<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	WACC		<b>4,00%</b>
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>CdP</sub> )	k <sub>progetto</sub>		<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	f		<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	f'		<b>0,70%</b>
%, interessi debito	k <sub>D</sub>		<b>3,82%</b>
%, interessi equity	k <sub>E</sub>		<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	IRES		<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	IRAP		<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	τ		<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	n <sub>D</sub>		<b>10</b>
Anni Equity	n <sub>E</sub>		<b>24</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I <sub>o</sub>	€	<b>249.665</b>
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	<b>7.490</b>
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	<b>257.155</b>
%CAPEX a Debito	D		<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	E		<b>20,00%</b>

Debito	$I_D$	€	205.724
Equity	$I_E$	€	51.431
Fattore di annualità Debito	$FA_D$		<b>8,30</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	24.781
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	247.806
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	42.082

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	11.184
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	10.121
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>21.305</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>81,5%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>37,6%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>5,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>12.168</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	1.065
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	112.449
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	17.425
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		<b>48,53%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	5.200
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	1.753
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	4.149
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	6.726
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	2.411
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	9.137
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	11.103
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>20.240</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	45.022
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	112.554
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.23 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>9,60</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>14,45</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	€	<b>53.536</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b><math>TIR &gt; WACC</math></b>		<b>7,05%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>21,44%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>9,05</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>14,34</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	€	<b>21.263</b>

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	16,47%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,062
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,601
Indice di Profitto Azionista	IP	8,52%

Nota: Nell'Allegato L, in alcuni casi, sono indicati tempi di ritorno differenti da quelli riportati nelle tabelle qui inserite. Queste ultime sono da ritenersi corrette, mentre non è stato possibile correggere i valori errati calcolati nel file allegato, elaborato dalla Committenza, trattandosi di campi non modificabili

Figura 9.21 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

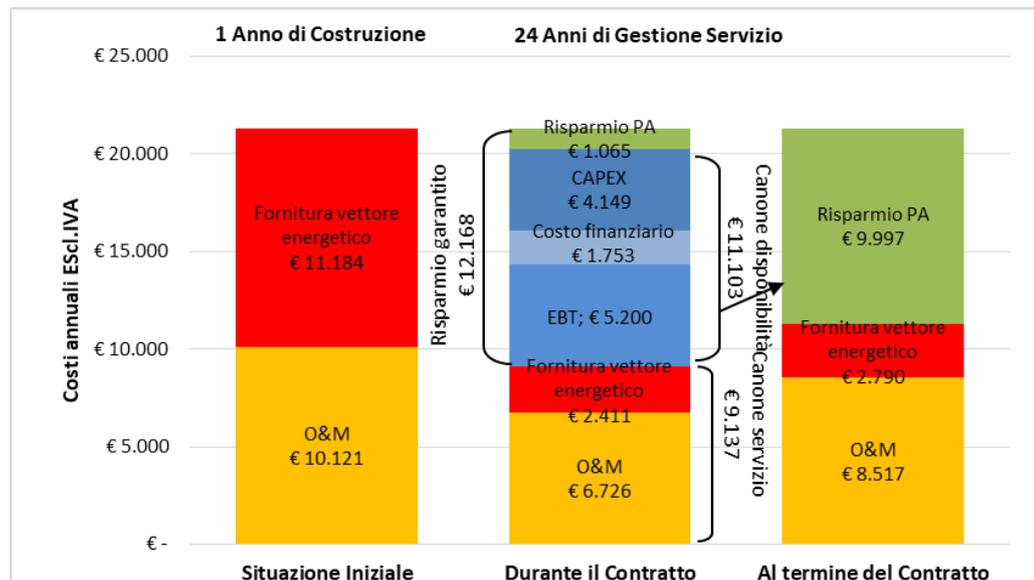


Figura 9.22 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone PA applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto nella figura seguente.

Figura 9.23 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è BUONO sia per l'indice  $IEN_R$  che per l'indice  $IEN_E$ .

COMBUSTIBILE	$IEN_R$			$IEN_E$		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,04	4,11	7,05	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	4,68	4,44	4,74

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

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha dato come risultato ottimale lo Scenario 1.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	CON INCENTIVI												
	$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	38%	40%	5.245	2.439	2.204	73.859	2,5	2,81	18.749	46%	0,254	1,341	1,399

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore dall'edificio
- non è stato constatato un sovrariscaldamento degli ambienti

In questo caso non si ha un impiego di risorse energetiche maggiore di quello necessario ma si sono verificati effetti negativi sul comfort degli utenti, per questo motivo si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti cercando di rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni prediligendo però la buona fattibilità economica laddove venisse a mancare il doppio salto di classe energetica.

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valuation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico

- 
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01331
02	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	10/1997	PIAN1
03	TAVOLA PIANO 2 EDIFICIO	10/1997	PIAN2
04	TAVOLA PIANO 3 EDIFICIO	10/1997	PIAN3
05	TAVOLA PIANO 4 EDIFICIO	10/1997	PIAN4
06	TAVOLA PIANO 5 EDIFICIO	10/1997	PIAN5
07	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	10/1997	PIANC
08	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	10/1997	PIANT
09	SCHEDA CENTRALE TERMICA	05/2017	117-P00-001-CENTRALE TERMICA
10	CENSIMENTO PIANO TERRA	05/2017	L1-042-117-P00
11	CENSIMENTO PIANO 1	05/2017	L1-042-117-P01
12	CENSIMENTO PIANO 2	05/2017	L1-042-117-P02
13	CENSIMENTO PIANO 3	05/2017	L1-042-117-P03
14	CENSIMENTO PIANO 4	05/2017	L1-042-117-P04
15	CENSIMENTO PIANO 5	05/2017	L1-042-117-P05
16	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-117-P00 - Checklist
17	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-117-P01 - Checklist
18	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-117-P02 - Checklist
19	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	05/2017	L1-042-117-P03 – Checklist
20	CENSIMENTO PIANO 4-CHECKLIST	05/2017	L1-042-117-P04 – Checklist
21	CENSIMENTO PIANO 5-CHECKLIST	05/2017	L1-042-117-P05 – Checklist
22	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065497
23	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098222
24	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134953
25	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176198
26	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700214976
27	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248943
28	FATTURA DEL 08/08/2014	03/2014	2014-5700261513
29	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291175
30	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345592
31	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373692
32	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411925
33	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700492869
34	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544104
35	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750082199
36	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544104
37	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750082199
38	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140845
39	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
40	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175673
41	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337523
42	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
43	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234066
44	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281521
45	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
46	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386677
47	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281521
48	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337523
49	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
50	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386677
51	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337523
52	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
53	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386677

*E1331 – Scuola Media Sampierdarena e Primaria Statale Cantore*

54	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
55	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432864
56	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483583
57	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018558
58	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
59	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483583
60	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018558
61	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084137
62	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
63	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018558
64	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084137
65	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
66	FATTURA DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310246
67	FATTURA DEL 03/03/2016	09/2017	2015-E000150591
68	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150591
69	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084138
70	FATTURA DEL 01/04/2016	01/2018	2016-E000194174
71	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334605
72	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238238
73	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334605
74	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150591
75	FATTURA DEL 01/04/2016	01/2018	2016-E000194174
76	FATTURA DEL 01/04/2016	01/2018	2016-E000194174
78	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238238
77	FATTURA DEL 01/06/2016	01/2018	2016-E000278555
79	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334605
80	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025275
818	FATTURA DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087941
2	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025275
83	FATTURA DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640048519
84	FATTURA DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060830
85	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074903
86	FATTURA DEL 19/12/2016	01/2018	2016-011640126636
87	FATTURA DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011740042570
88	FATTURA DEL 15/11/2016	01/2018	2016-011640100078
89	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001581

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI PLANIMETRICI	03/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0 DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1 DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2 DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3 DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP4 DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP5
02	ANALISI FATTURE FORNITURA	03/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
03	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
04	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1318 Grafici_Template_rev13

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

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

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

### RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

N.	Strumento
01	DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2
02	SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass
03	LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2
04	TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24
05	TERMOCAMERA FLIR T335
06	TERMOIGROMETRO EXTECH MO297
07	Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3
08	PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345

### STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

#### MISURE METRICHE

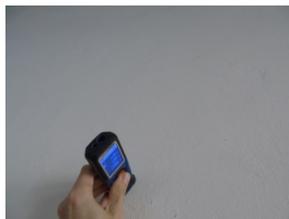
##### **Distanziometro e bindella metrica**

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche piani-volumetriche reali.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



##### **Spessivetro**

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



#### MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l'illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l'assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l'utilizzo di un luxmetro.

#### ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

#### RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

##### Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L'acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

Condizione	Metodo
Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)	La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946
Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie	La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI / TS 11300)
Stratigrafia della struttura non nota	Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera ( <b>termoflussimetria</b> ) in accordo con la norma ISO 9869

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l'unica metodologia di indagine non invasiva.

#### Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

Tipo di informazione	Dettaglio
Informazioni reperite sull'edificio	Epoca costruttiva
Evidenze di sopralluogo	Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica
Rilievo termografico	Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l'analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia

### RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all'esterno sia all'interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all'installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l'ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l'unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riporta la fotografia che documenta l'utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



### MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all'interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l'assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall'esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoK-SchedeOre

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoL- AnalisiPEF_con incentivi DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoL- AnalisiPEF_senza incentivi

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1331_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

**ALLEGATO N – CD-ROM**