

**Scuola media "P.GASLINI"**

**E1136**

**VIA BOLZANETO 11**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



Luglio/2018

**COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**



COMUNE DI GENOVA

**CASaA**  
architetti

# Scuola media “P. GASLINI”

**E1136**

**VIA BOLZANETO 11**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

Tel: 085 4311109 – 349 5394754 – [info@casaassociati.it](mailto:info@casaassociati.it)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

<b>Revisione</b>	<b>Data</b>	<b>Realizzazione</b>	<b>Revisione</b>	<b>Approvazione</b>	<b>Descrizione</b>
[A]	[16/04/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Prima emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[B]	[22/05/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Seconda emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[C]	[19/06/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Terza emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[D]	[27/07/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Pubblicazione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			

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

INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY .....	I
<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.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL’EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
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> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO .....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	26
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	27
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>29</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	35
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>40</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	43
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>46</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	46
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	46



7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	49
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	50
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>52</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	56
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	59
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	59
<b>9</b>	<b>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.....	61
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	68
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i> .....	71
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E GENERATORE DI CALORE</i> .....	76
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>83</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	83
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	83
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	84
	<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>	<b>2</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		1965
Anno di ristrutturazione		2000-2004 (realizzazione palestra, nuove aule e sistemazione refettorio)
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.192
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.777
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	10.074
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.253
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.253
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	407
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	2,5
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Combinato e Boiler elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	51,637
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	106.215
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	8.531
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	64.629
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	12.214

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento termico copertura;
- EEM 2: Sostituzione infissi;
- EEM 3: Installazione generatori di calore a condensazione;
- EEM 4: Installazione di circolatori a giri variabili.
  
- SCN 1: IMPIANTO TERMICO (EEM3+4);
- SCN 2: INVOLUCRO E GENERATORE (EEM1+2+3).

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO<sub>2</sub></sub>	ΔC <sub>e</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	2,1	2,1	440	-	-	18.334	20,5	33,9	30	-2.166	2,3	-0,12	-	-
EEM 2	4,4	4,4	909	-	-	164.877	41,9	50,5	30	-68.883	-4,7	-0,42	-	-
EEM 3	27,6	27,6	5.665	1.308	348	40.005	3,7	4,3	15	47.858	21,8	1,20	-	-
EEM 4	4,8	4,8	996	-	-	8.088	8,0	9,9	15	2.392	8,4	0,30	-	-
SCN 1	32,9	32,9	6.766	1.308	348	48.093	2,9	3,9	-	19.316	40,95	40,16	1,249	2,499
SCN 2	44,6	44,6	9.182	1.308	348	231.305	15,1	3,1	-	12.620	36,68	5,46	1,058	0,674

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

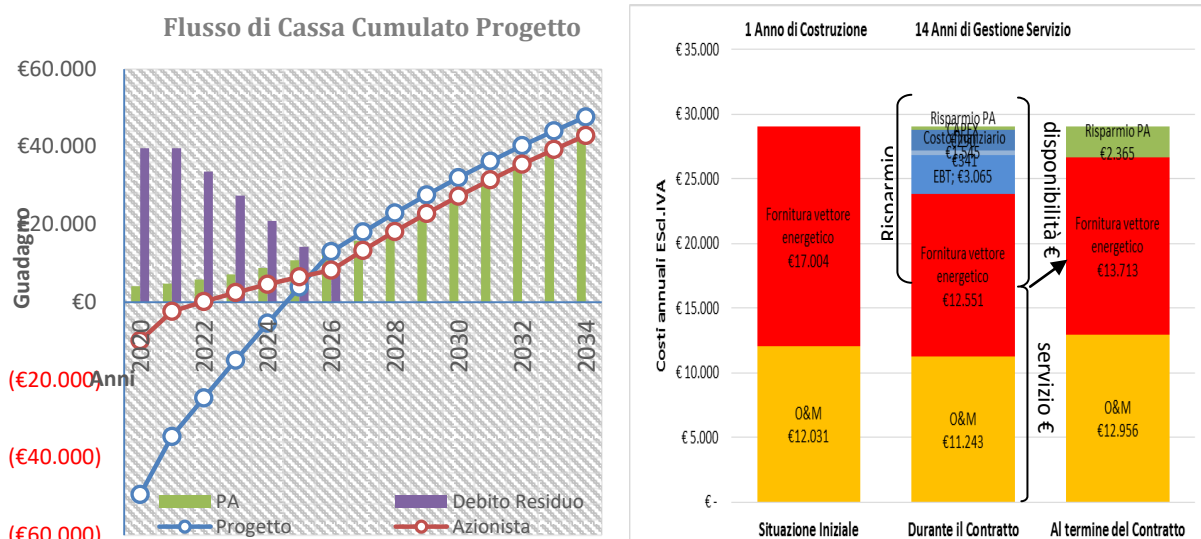
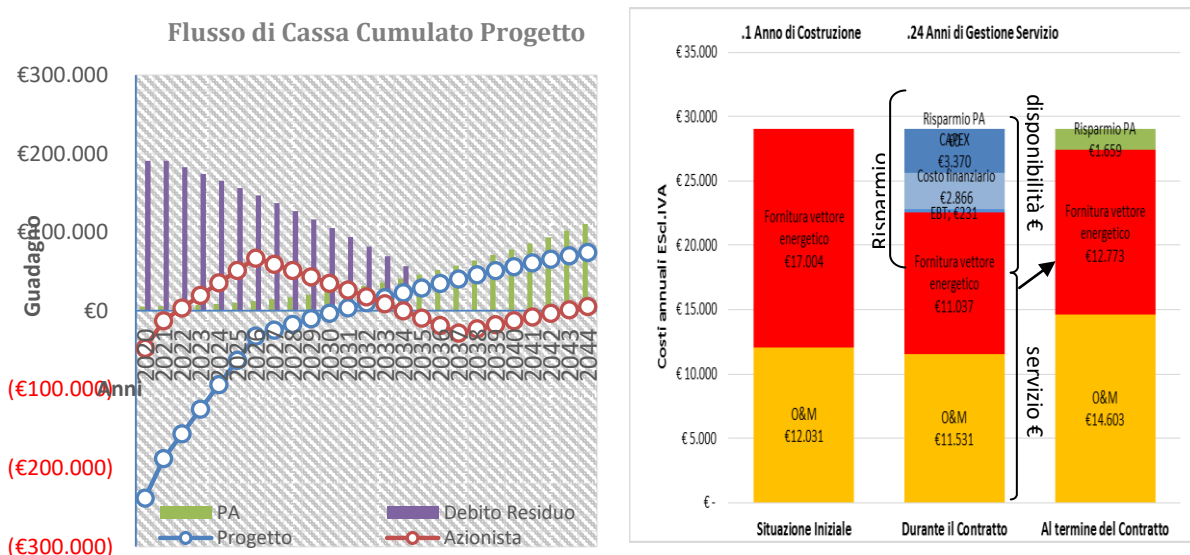


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di tre classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla F alla C**, attraverso lo scenario proposto numero 2 e secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’involucro mediante l’isolamento della copertura, la sostituzione degli infissi e dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore compresa l’installazione di circolatori a giri variabili. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).



Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 23.005 kg CO2.**

**In termini di energia primaria, nello scenario 2 dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare 120.849 kWh.**

## 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata sud-est



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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l’arch. Carmela Palmieri, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

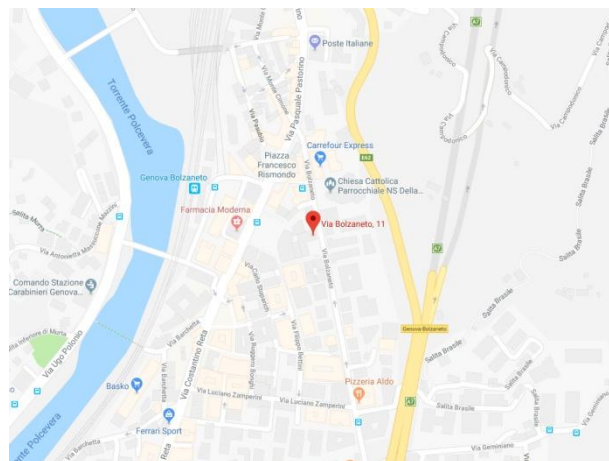
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Fabio Armillotta		Prove strumentali: Termografie ed endoscopie
Marco Santomauro	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Pierluigi Fecondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCTU sezione BOL, F. 18 Mapp. 41-42 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Bolzaneto, un quartiere genovese della Val Polcevera (Municipio V), compreso tra i quartieri di Rivarolo a sud e Pontedecimo a nord e confinante con i comuni di Ceranesi a nord-ovest e Serra Riccò e Sant’Olcese a nord-est.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola secondaria di primo grado.

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		1965
Anno di ristrutturazione		2000-2004 (realizzazione palestra, nuove aule e sistemazione refettorio)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.192

Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.777
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	10.074
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.253
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	-
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.253
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	407
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	2,5
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Combinato e Boiler elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	51,637
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	106.215
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	8.531
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	64.629
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	12.214

Nota (1): Valori di Baseline

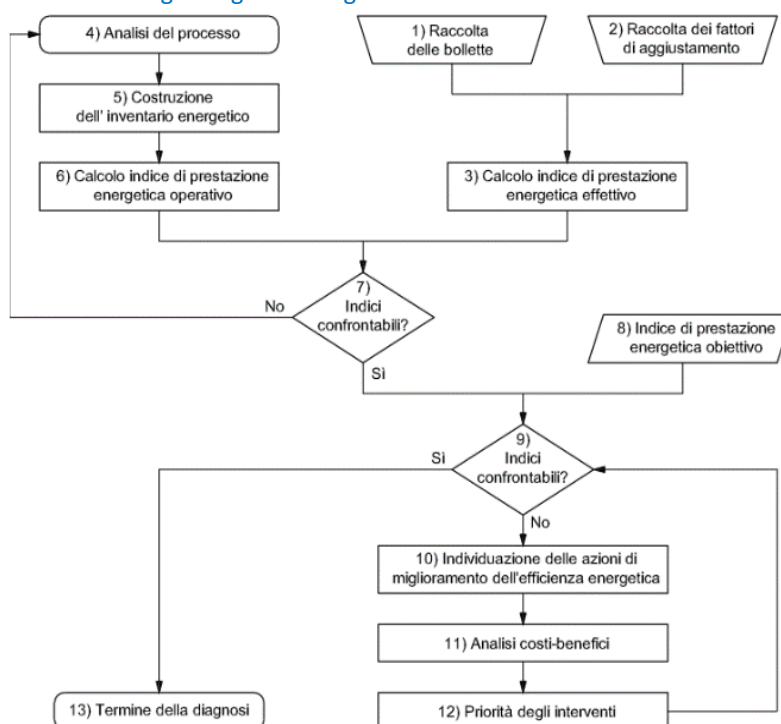
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato B – Elaborati grafici.
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di Audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e

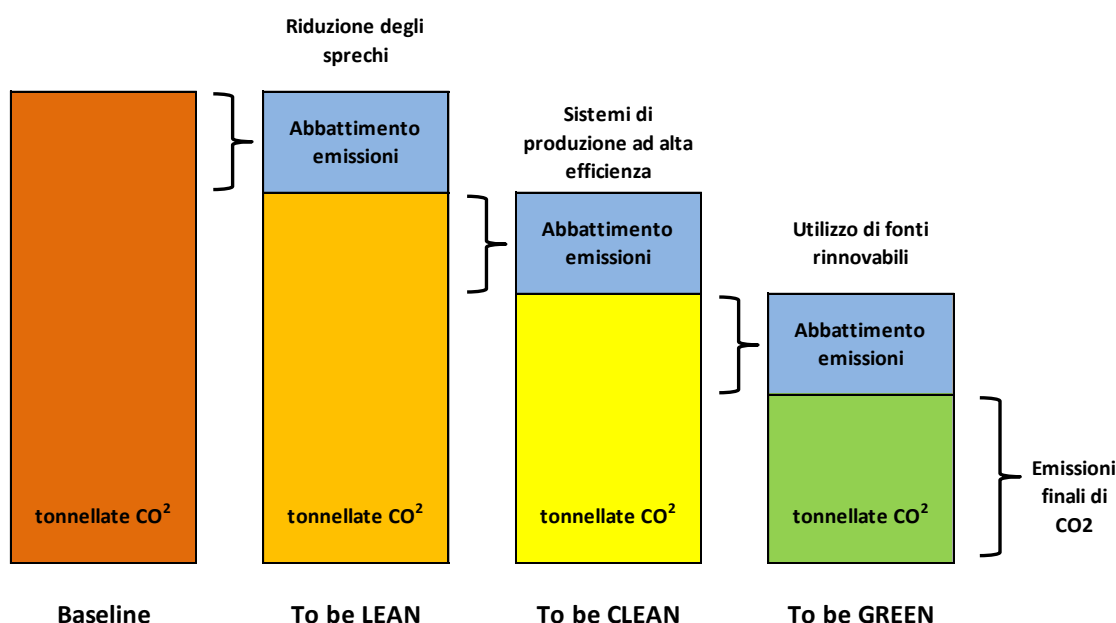
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali ( $GG_{real}$ ), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento ( $GG_{rif}$ );
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di  $CO_2$ ) calcolata sulla media aritmetica dei valori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

Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla 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.

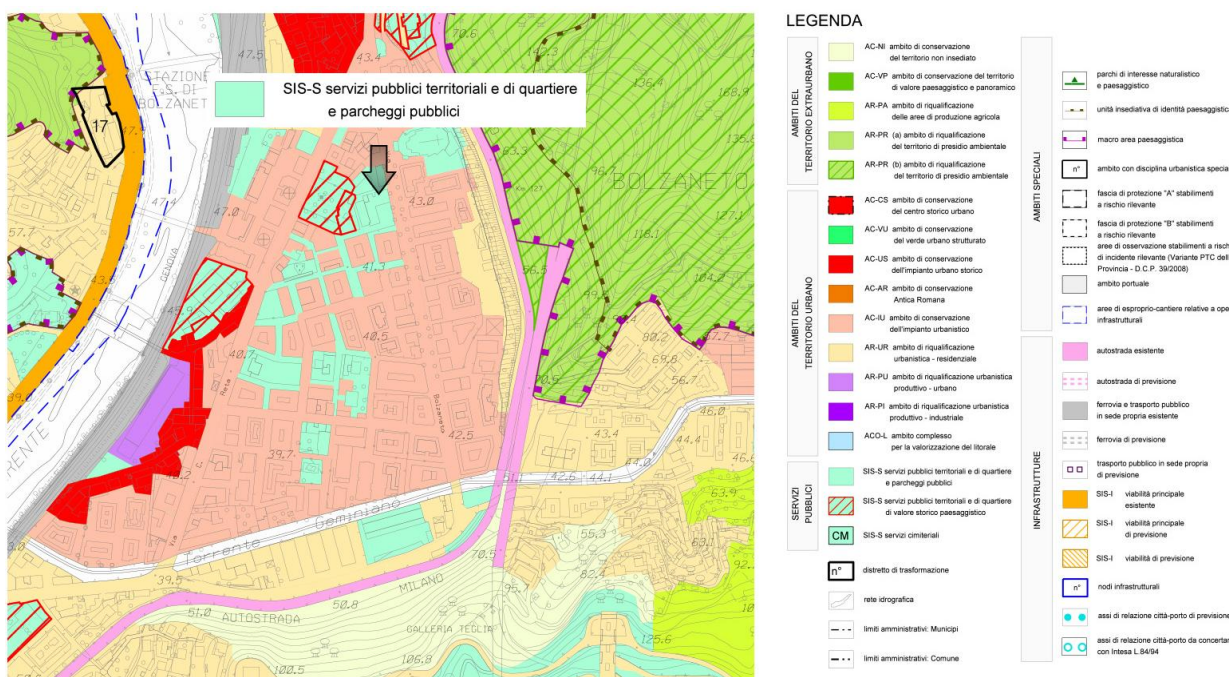


## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 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 (ultimo aggiornamento 25/10/17), classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è localizzato a Bolzaneto, Il territorio dell'ex circoscrizione di Bolzaneto si estende su entrambi i versanti del Polcevera. Il centro principale (Bolzaneto) si trova sulla sinistra del torrente, lungo la ex Strada statale 35 dei Giovi.

Sull'argine che divide l'abitato dal torrente, costruito intorno alla metà dell'Ottocento, corre la linea ferroviaria Genova-Torino.

L'edificio di via Bolzaneto, è localizzato in una zona centrale di Bolzaneto ed è confinante con la sede centrale dell'Istituto Comprensivo Bolzaneto di cui fa parte e che ospita, oltre alla sede dell'ufficio del Dirigente Scolastico e degli uffici amministrativi, la scuola per l'infanzia “Jolanda Bonfieni” e la scuola primaria “Dante Alighieri” con ingresso in piazza Rissotto.

E' un edificio degli anni 60, che nel tempo è stato oggetto di alcuni interventi di ristrutturazione, il più significativo dei quali ha riguardato la realizzazione della palestra, di alcune nuove aule al piano primo e la sistemazione del refettorio al piano seminterrato tra il 2000 e il 2004.

L'edificio ospita al piano seminterrato la palestra con i locali accessori (spogliatoi e servizi igienici), le aule speciali (musica, arte, informatica, sostegno) e il refettorio con cucina e dispensa, al primo piano c'è l'accesso principale alla scuola, l'aula del personale docente e le aule didattiche della scuola media che continuano sino al terzo piano.

Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

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



L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica dell'asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura scolastica, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

La scuola secondaria di I grado “Piero Gaslini”, con ingresso in via Bolzaneto 11, è costituita da 15 classi formate in media da 19 alunni.

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 298 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l'efficientamento dell'edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L'edificio, ospitante la scuola media oggetto della DE, è disposto su quattro livelli principali: al piano seminterrato ci sono la palestra con gli ambienti a servizio (spogliatoi, deposito e servizi igienici), le aule speciali (musica, arte, informatica, sostegno) e il refettorio con cucina e dispensa, al primo piano c'è l'accesso principale alla scuola, l'aula del personale docente, l'aula “morbida” e le aule didattiche che continuano sino al terzo piano. Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici.

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

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>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Ingresso, refettorio, aula di sostegno, bagni, corridoi, palestra, spogliatoi, laboratori, centrale termica	m <sup>2</sup>	802	773	-
Primo	Aule didattiche, bagni, corridoi, aula professori, sala computer	m <sup>2</sup>	465	457	65
Secondo	Aule didattiche, bagni, corridoi, archivio, vano scala	m <sup>2</sup>	481	474	-
Terzo	Aule didattiche, bagni, corridoi, archivio, vano scala	m <sup>2</sup>	485	477	-
Quarto	Vano scala, disimpegno.	m <sup>2</sup>	20	11	-
<b>TOTALE</b>		m <sup>2</sup>	<b>2.253</b>	<b>2.192</b>	<b>65</b>

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

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

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

Dal punto di vista storico, l'edificio costruito nel 1965, non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

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

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

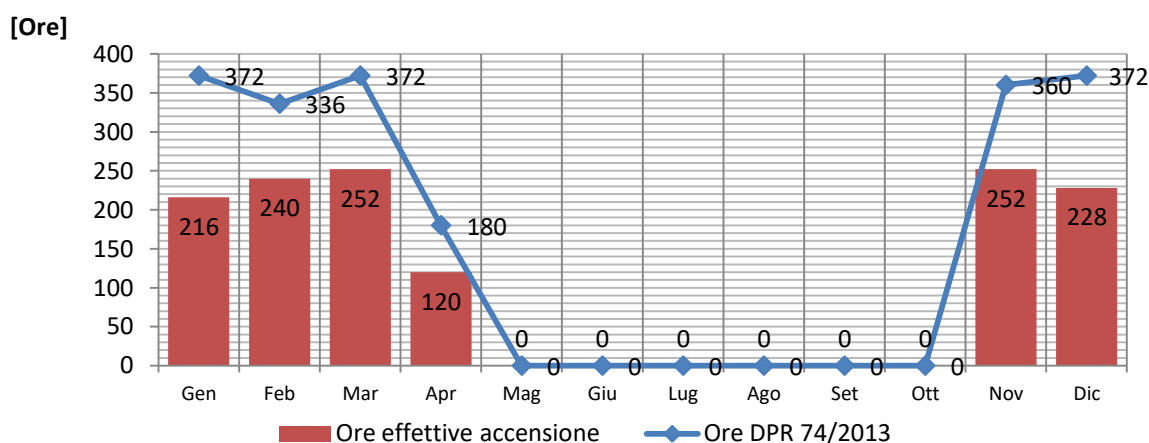
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 14 Settembre al 31 Ottobre	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	6.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 01 Luglio al 13 Settembre	tutti i giorni	chiuso	spento

Figura 2.3 – 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 attività dell'asilo, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura pertanto un'ora prima dell'arrivo dei bambini ed un'ora dopo l'edificio è occupato dal personale scolastico. L'impianto inoltre si accende un'ora prima dell'arrivo del personale.



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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei  $GG_{rif}$

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	$GG_{rif}$	PROFILO DI INCIDENZA
<b>Gennaio</b>	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
<b>Febbraio</b>	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
<b>Marzo</b>	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
<b>Aprile</b>	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
<b>Maggio</b>	31	18,7	-	-	21	-	-	-
<b>Giugno</b>	30	22,4	-	-	20	-	-	-
<b>Luglio</b>	31	24,6	-	-	20	-	-	-
<b>Agosto</b>	31	23,6	-	-	-	-	-	-
<b>Settembre</b>	30	22,2	-	-	14	-	-	-
<b>Ottobre</b>	31	18,2	-	-	21	-	-	-
<b>Novembre</b>	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
<b>Dicembre</b>	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>212</b>	<b>111</b>	<b>905</b>	<b>100%</b>



### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

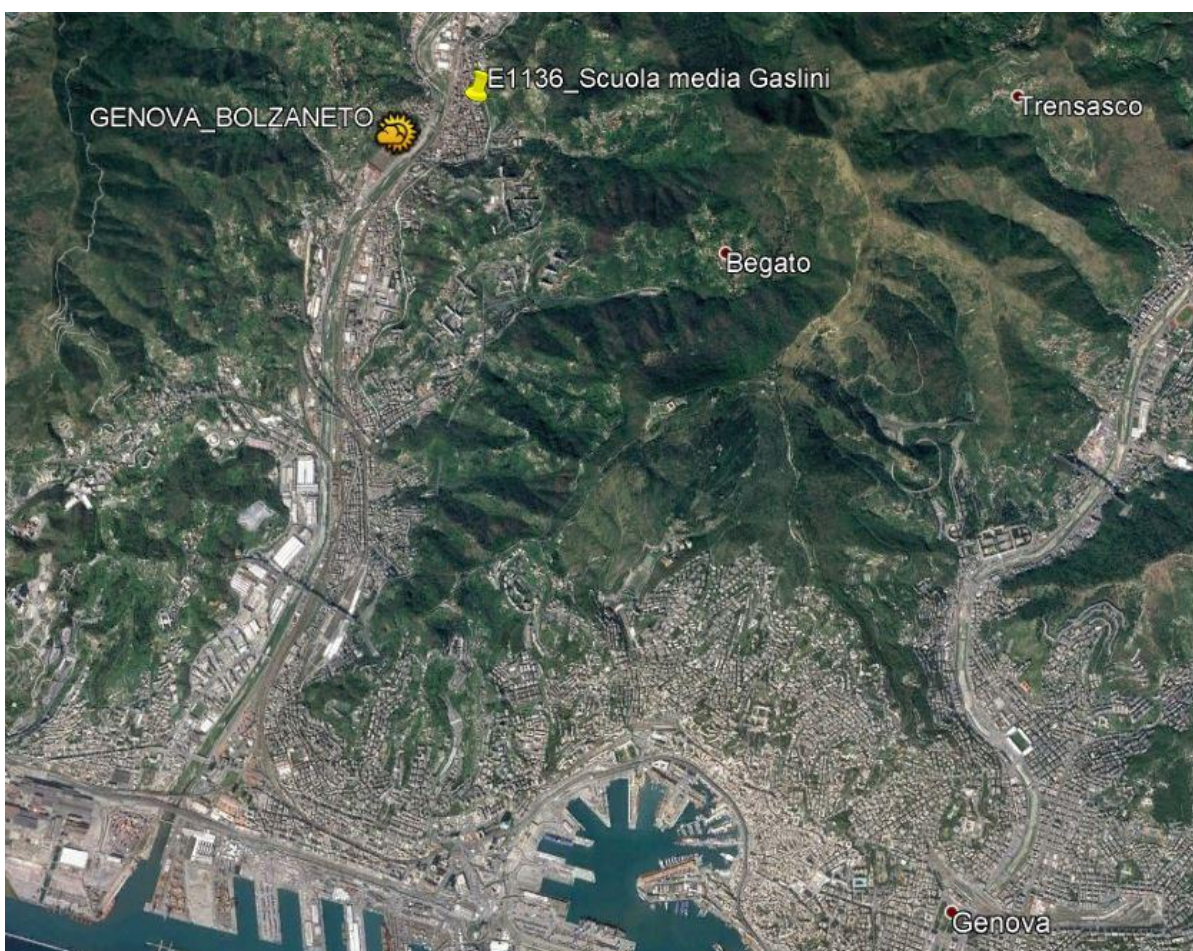
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-BOLZANETO (Long. 8° 53’ 44.196’’ – Lat. 44° 27’ 19.08’’ – Altezza sul livello del mare 47m).

In mancanza di specifiche tecniche relative alla tipologia di centralina climatica, si riporta di seguito il link di riferimento da cui sono stati estrapolati i dati climatici utilizzati per il calcolo dei gradi giorno: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è l’unica disponibile e fornita dalla PA per l’edificio oggetto della presente DE.

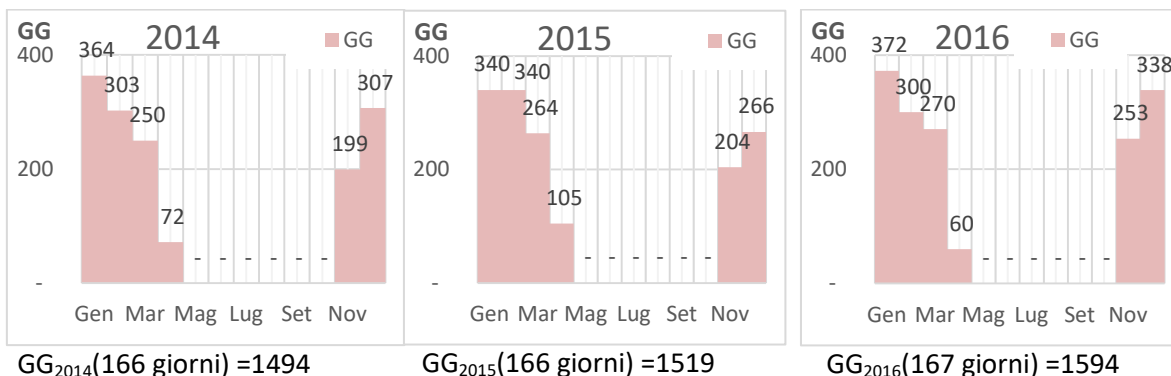
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



### 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

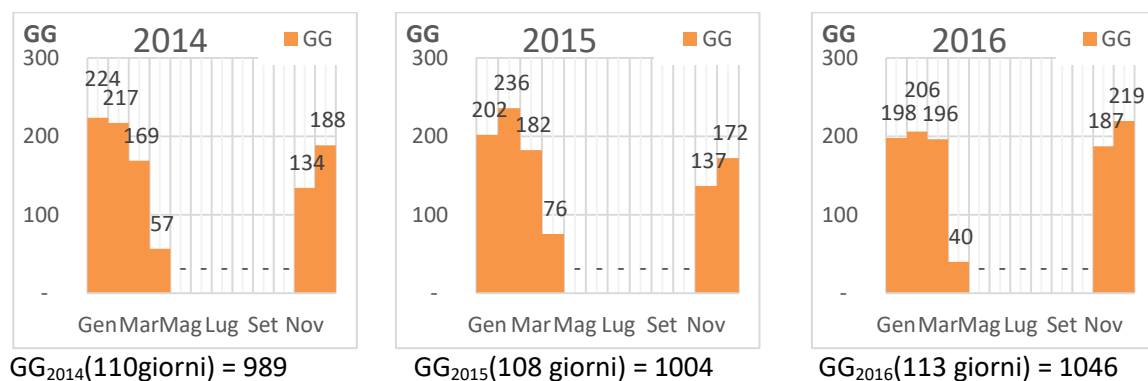


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1013 GG calcolati su 110 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 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 evidenzia l'innalzamento medio delle temperature esterne per il sito di riferimento e dunque la necessità di normalizzare i dati di consumo energetico.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è sostanzialmente composto da pannelli prefabbricati in cls con interposto strato di isolamento in XPS, ad eccezione di alcune tamponature esterne aggiunte in occasione dei lavori di ampliamento e ristrutturazione del 2000-2004 che sono in laterizio a cassetta con interposto strato di isolamento in fibra di legno mineralizzata con cemento portland tipo celenit. La muratura realizzata con pannelli prefabbricati è intonacata solo sul lato interno. In alcuni casi, i pilastri, probabilmente quelli delle zone oggetto di ristrutturazione, risultano solati dall’interno con un pannello in fibra di legno mineralizzata con cemento portland tipo celenit e finiti in cartongesso.

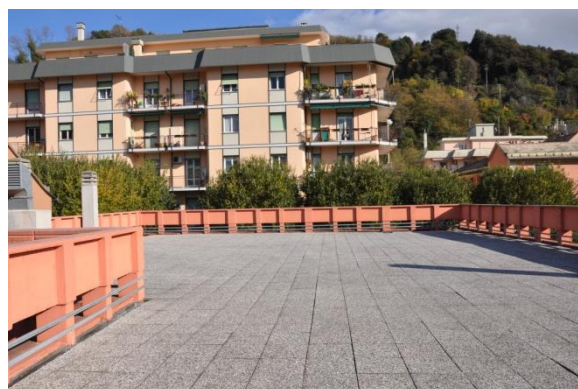
I solai sono in laterocemento e il solaio di copertura, a cui si accede dall’ultimo piano dell’edificio, è piano e privo di isolamento. Il solaio di copertura della palestra è in legno lamellare ad unica falda curva con lucernai.

Figura 4.1 – dettaglio dei pannelli di tamponamento in prossimità del solaio di copertura e dell’infisso



Figura 4.2 - Particolare del solaio di copertura

Questa soluzione realizzativa presenta le problematiche tipiche delle strutture a telaio scarsamente isolate.



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.



- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza dei ponti termici della struttura;
- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza dei pannelli prefabbricati e delle giunzioni.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete orientata a sud est



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio controterra	SL01	[34,5]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Solaio Copertura piana	SL03	[46,9]	[assente]	[1,20]	[buono]
Solaio in legno copertura palestra	SL06	[10,5]	[lana di roccia]	[0,56]	[buono]
Parete esterna prefabbricata	[MR01]	[26]	[XPS]	[0,68]	[buono]
Parete esterna in laterizio	[MR02]	[30]	[fibra di legno]	[0,70]	[buono]

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



#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in alluminio con vetrocamera.

Gli infissi, in generale, non presentano un sistema di schermatura esterno. All’interno delle aule, caratterizzate da ampie superfici vetrate, sono presenti tende bianche.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

- Rilievo termografico eseguito sensi della norma UNI EN 13187:2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni termiche in corrispondenza dell’attacco parete-serramento;
- Dispersioni termiche di telaio e vetro.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti al piano secondo e terzo sul fronte principale



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento a quattro ante con divisorio	WN01	[2,80x1.90]	alluminio	Vetrocamera	3,76	buono
Serramento a quattro ante	WN02	[3.80x0.75]	alluminio	Vetrocamera	3,84	buono
Serramento a quattro ante con 2 divisori	WN07	[2.80x2.45]	alluminio	Vetrocamera	3,77	buono
Serramento ad un’anta	WN06	[0.85x0.75]	alluminio	Vetrocamera	2,98	buono
Serramento a 5 ante	WN12	[4.80x0.75]	alluminio	Vetrocamera	3,83	buono
Serramento a 6 ante	WN15	[4.60x2.45]	alluminio	Vetrocamera	3,73	buono

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

## 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema misto con fluido termovettore acqua/aria. Sono presenti due generatori di calore a basamento alimentati a gas metano, due gruppi di circolazione costituiti da circolatori gemellari a giri fissi, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

Per il riscaldamento della palestra e del refettorio sono installate due U.T.A. collegate ai generatori presenti in centrale termica.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Bocchette ad aria installate a parete;
- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Radiatori su parete interna.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori erano in funzione a pieno regime.

Figura 4.6 – Particolare delle bocchette ad aria installate a parete



Figura 4.7 - Particolare di un radiatore installato in un'aula



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
Zona riscaldata	Bocchette in sistemi ad aria calda	99%
	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
	Radiatori su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna	5	1,12	5,6	-	-
	Su parete interna	2	1,68	3,36	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,96	0,96	-	-
	Su parete interna	3	0,96	2,88	-	-
	Su parete interna	4	0,16	0,64	-	-
	Su parete interna	1	0,31	0,31	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,14	2,28	-	-
	Su parete interna	1	1,14	1,14	-	-
	Su parete interna	1	0,31	0,31	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	0,93	3,72	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,12	1,12	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,68	2,68	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,56	0,56	-	-
	Bocche aria Palestra	15	0,37	5,55	-	-
	Bocchette aria Refettorio	6	1,17	7,02	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,14	1,14	-	-
	Su parete interna	1	1,81	1,81	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,94	0,94	-	-
	Su parete interna	3	1,17	3,51	-	-
	Su parete interna	3	2,11	6,33	-	-
	Su parete esterna non isolata	8	1,68	13,44	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,11	2,11	-	-
	Su parete interna	3	0,45	1,35	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	1,14	1,14	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,81	1,81	-	-
	Su parete interna	1	1,81	1,81	-	-
	Su parete esterna non isolata	13	1,14	14,82	-	-
	Su parete interna	1	1,14	1,14	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,57	1,57	-	-
	Su parete interna	1	1,57	1,57	-	-
	Su parete interna	5	0,45	2,25	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	1,14	1,14	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,81	3,62	-	-
	Su parete esterna non isolata	6	1,17	7,02	-	-

Su parete esterna non isolata	7	1,14	7,98	-	-
Su parete interna	1	1,14	1,14	-	-
Su parete esterna non isolata	1	1,57	1,57	-	-
Su parete interna	3	0,45	1,35	-	-
<b>TOTALE</b>	<b>114</b>	<b>-</b>	<b>118,69</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Nota(1): La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota(2): La differenza di temperatura tra i radiatori e ambiente è assunta pari a 22,0°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 18:00 dal lunedì al venerdì.

Non sono presenti dei termostati ambiente a servizio del funzionamento dei radiatori.

Figura 4.8 - Particolare della centralina di controllo dell'UTA a servizio del refettorio

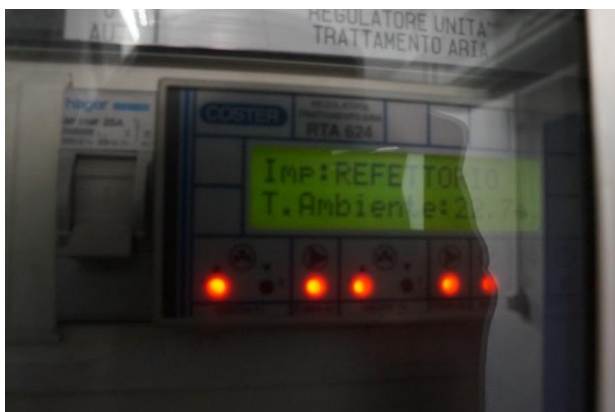
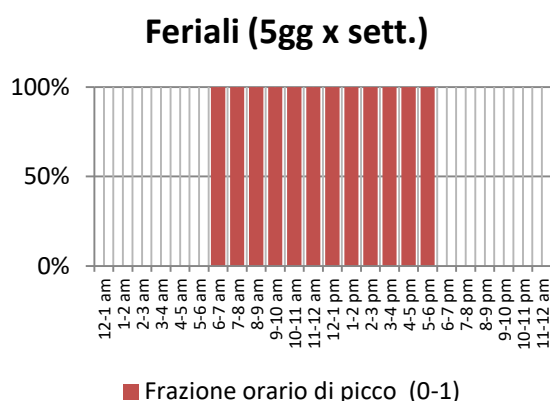


Figura 4.9 – Particolare della centralina di controllo all'interno della centrale termica



Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Zona riscaldata



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona riscaldata	Per singolo ambiente più climatica/on-off	97%
Zona riscaldata (aria calda)	Climatica centralizzata on/off	71%
Zona riscaldata (climatizzata)	Per singolo ambiente più climatica	97%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra i generatori di calore e i collettori di mandata e ritorno in CT.
- 2) Circuito secondario di mandata alle UTA ed ai radiatori all'interno dell'edificio (fluido termovettore acqua).

- 1) **Circuito primario:** sono presenti due pompe di circolazione a servizio dei due circuiti primari di collegamento tra i generatori a basamento e i collettori in CT.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Zona riscaldata 1 P1	Circolazione interna	n.d.	n.d.	0,071 (1)
Zona riscaldata 2 P6	Circolazione interna	n.d.	n.d.	0,160 (1)
<b>TOTALE</b>				<b>0,231 (1)</b>

Nota (1): 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	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Zona riscaldata 1	Mandata	Caldo	60 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	51 (2)	60 (1)
Zona riscaldata 2	Mandata	Caldo	55 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	42 (2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

2) **Circuito secondario:** sono presenti sei pompe di circolazione gemellari per ciascuna mandata calda per i due circuiti secondari così denominati:

- Circuito 1: Acqua calda sanitaria;
- Circuito 2: UTA Palestra;
- Circuito 3: Radiatori Palestra;
- Circuito 4: UTA Refettorio;
- Circuito 5: UTA Istituto;
- Circuito 6: Radiatori Istituto.

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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA	PREVALENZA	POTENZA ASSORBITA
			m <sup>3</sup> /h	kPa	kW
Circuito 1	P2	Carico bollitore	n.d.	n.d.	0,258 (1)
Circuito 1	P5	Ricircolo	n.d.	n.d.	0,103 (1)
Circuito 2	P3	UTA Palestra	n.d.	n.d.	0,536 (1)
Circuito 3	P4	Radiatori Palestra	n.d.	n.d.	0,082 (1)
Circuito 4	P7	UTA Refettorio	n.d.	n.d.	0,244 (1)
Circuito 5	P8	UTA istituto (2)	n.d.	n.d.	0,536 (1)
Circuito 6	P9	Radiatori istituto	n.d.	n.d.	0,898 (1)
<b>TOTALE</b>			n.d.	n.d.	2,657 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa;

Nota (2): Si riporta che in sede di sopralluogo il circuito n.5 e la relativa UTA erano fuori servizio.

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9.

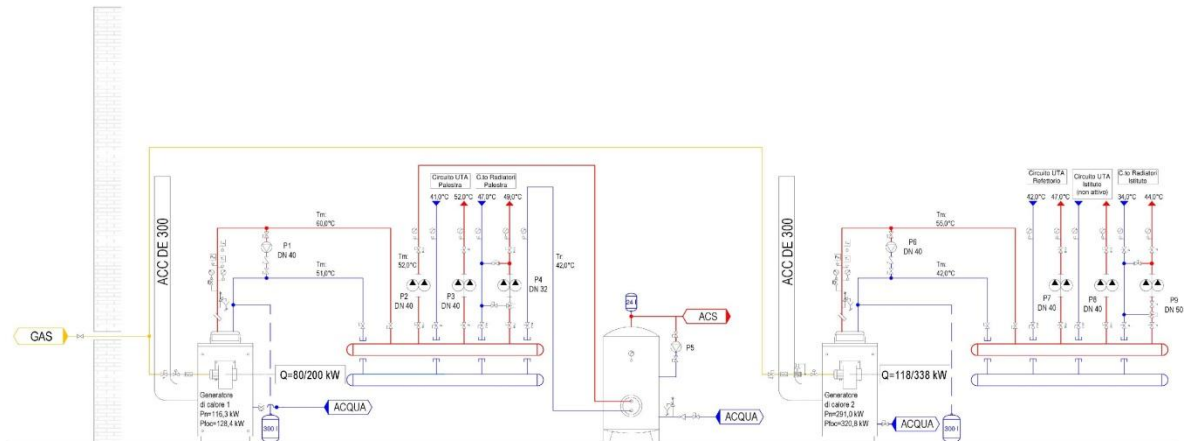
Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito 1	Mandata	Caldo	52 (2)	50 (1)
	Ritorno	Caldo	42 (2)	40 (1)
Circuito 2	Mandata	Caldo	41 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	52 (2)	60 (1)
Circuito 3	Mandata	Caldo	47 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	49 (2)	60 (1)
Circuito 4	Mandata	Caldo	47 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	42 (2)	60 (1)
Circuito 6	Mandata	Caldo	44 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	35 (2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di registrare le temperature dei singoli tratti all'interno della CT si è provveduto ad un rilievo puntuale mediante un termometro del tipo digitale senza contatto ad infrarossi con puntatore laser – CLASSE IIIA.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari all'92%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

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 due generatori di calore a basamento installati in centrale termica.

I generatori sono entrambi di produzione CARBOFUEL, rispettivamente sono i modelli TRM AR 100 e TRP AR 250.

I bruciatori a servizio dei generatori di calore sono entrambi di costruzione BALTUR, modelli Sparkgas 20P con portata termica pari a 80/200 kW e BGN 34 DSPGN con portata termica pari a 118/338 kW.

Il riscaldamento degli ambienti della Palestra a servizio della scuola media, della piscina e dei relativi spogliatoi avviene tramite tre UTA collegate ai generatori di calore installati in centrale termica.

Per il riscaldamento della palestra e del refettorio sono presenti due U.T.A. collegate ai generatori installati in centrale termica.



Figura 4.12 - Particolare del Generatore di calore 1 in centrale termica



Figura 4.13 - Particolare del Generatore di calore 2 in centrale termica



Figura 4.14 - Particolare dell'UTA a servizio della Palestra



Figura 4.15 - Particolare dell'UTA a servizio del Refettorio



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

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	CARBOFUEL	TRM AR 100	n.d.	128,4 (1)	116,3 (1)	90,5% (1)	0,150 (2)
Bru 1	Riscaldamento	BALTUR	SPARKGAS 20P	n.d.	-	200,0 (1)	-	0,250 (1)
Gen 2	Riscaldamento	CARBOFUEL	TRP AR 250	n.d.	320,8 (1)	291,0 (1)	90,6% (1)	0,150 (2)
Bru 2	Riscaldamento	BALTUR	BGN 34 DSPGN	2002	-	338,0 (1)	-	0,400 (1)
UTA 1	Riscaldamento Palestra	LORAN	CTL 70	n.d.	-	4,40 (1)	-	0,60 (2)
UTA 2	Riscaldamento Refettorio	LORAN	CTL 50	n.d.	-	2,95 (1)	-	0,60 (2)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa;

Nota (2): Valori desunti da scheda tecnica di generatore con caratteristiche simili e stesso periodo di costruzione.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 75%.

Dal libretto di centrale, nella sezione relativa alle prove fumi, sono stati rilevati e confrontati i rendimenti di combustione dei generatori installati. Il valore del rendimento di combustione alla data del 15/03/2017 è pari a 91,9%

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

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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite il Generatore 1 deputato anche a riscaldamento. Il sistema prevede un accumulo con boiler a serpentina installato in centrale termica.

Oltre al sistema di produzione ACS combinato si rileva la presenza di n.4 boiler elettrici ad accumulo all'interno dei servizi igienici ad uso degli studenti e del personale dell'edificio scolastico.

Figura 4.16 - Particolare del generatore di calore deputato al riscaldamento e alla produzione di ACS



Figura 4.18 - Particolare del sistema di accumulo dell'impianto di produzione ACS combinato

Figura 4.19 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

Tabella 4.11 – 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% (1)	93% (1)	n.d.	n.d.	5% (1)	4,6% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo.

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

La climatizzazione in regime estivo di alcuni ambienti dell’edificio scolastico quali una sala docenti e un laboratorio, è effettuata grazie alla presenza di un impianto ad espansione diretta con pompa di calore esterna e unità interne di emissione.

Figura 4.18 - Particolare del sistema di climatizzazione



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell’impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
97% (1)	98% (1)	100% (1)	- (2)	318% (1)	302% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

L’elenco dei componenti dell’impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, distributori 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 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona riscaldata	PC	30	300	9.000	500

Scaldavivande	1	2.000	2.000	500
Lim	7	340	2.380	500
Stampante	3	80	240	400
Stam multifunzione	2	300	600	500
Distr. Caffè	1	1.350	1.350	400
Casse	2	500	1.000	400
Strumenti musicali	3	200	600	400
Stufa elettrica	5	2.000	10.000	500
Distr. cibi e bevande	1	600	600	5.520
Ascensore	1	12.000	12.000	200

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.

#### 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon, alogene ed a basso consumo, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna nelle aule e nei servizi igienici;
- Lampade alogene installate in palestra e nel refettorio;
- Lampade a basso consumo installate in alcune aule e nei servizi igienici.

Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona riscaldata	Tubolare	96	116 (2x58)	11.136
	Tubolare	26	72 (2x36)	1.872
	Tubolare	25	36 (1x36)	900
	Tubolare	55	72 (4x18)	3.960
	Tubolare	1	18 (1x18)	18
	Tubolare di emergenza	40	18 (1x18)	720
	Proiettore alogeno	11	500	5.500
	Lampada alogena	29	300	8.700
	Lampada a basso consumo	13	40	520
	Incandescenza	17	60	1.020

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

Figura 4.20 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



Figura 4.21 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in palestra





## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS, è il Gas Metano.

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 (*)	1,0549	9,42

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona riscaldata;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de 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
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270036970955	Riscaldamento/ Produzione ACS	9.836	13.643	13.643	92.653	128.515	128.517

Essendo attivo per l'edificio il servizio A del SIE3 non si è svolta l'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione in quanto non sono state fornite le bollette (non in possesso della PA).

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<sub>real,i</sub> = 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<sub>real,i</sub> = Consumo termico reale per riscaldamento dell’edificio nell’anno *i-esimo*, kWh/anno.

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando che, come emerso dal modello di calcolo, il fabbisogno di combustibile per la produzione della sola ACS è pari al 17%. Tale contributo è valutato utilizzando il calcolo definito dalle UNI TS 11300 per un edificio scolastico con una palestra.

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

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

GG<sub>ref</sub> = 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;

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali, Q<sub>real,i</sub>, i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU 110 GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	8.164	76.927	77,8	70.395	15.726	-
2015	1.004	905	11.324	106.703	106,3	96.155	21.812	-
2016	1.004	905	11.324	106.703	102,0	92.251	21.814	-
<b>Media</b>	<b>1.013</b>	<b>905</b>	<b>10.271</b>	<b>96.777</b>	<b>95,5</b>	<b>86.431</b>	<b>19.784</b>	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi: tale aumento è dovuto alla diversa gestione dell’impianto termico. Infatti, come rilevato in sede di sopralluogo, la UTA a servizio degli ambienti scolastici (aule, uffici e corridoi) risulta spenta in quanto generava rumori di disturbo per lo svolgimento delle attività. Tale tipologia di gestione impone un utilizzo maggiore dei radiatori e dunque un consumo maggiore del generatore.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	19.784
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	86.431
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>106.215</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Edificio scolastico.

L’effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all’allegato B – Elaborati.

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096846	Edificio scolastico	58.079	66.186	58.296	60.854
<b>TOTALE</b>		<b>58.079</b>	<b>66.186</b>	<b>58.296</b>	<b>VALORE MEDIO FATTURATO 60.854</b>

Come si evince dalla Tabella 5.5 i consumi ricavati dall’analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file “kyotoBaseline-EXXXX”, presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

- Per il 2014 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 6,7% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 62.254 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 2% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 67.495 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 9% circa. (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 64.137 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 6% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 64.629 kWh).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell’analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file “kyotoBaseline-EXXXX” è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 64.629 kWh.



Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096846	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2014</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.872	930	1.027	6.829
Feb - 14	4.757	856	808	6.421
Mar - 14	4.183	839	869	5.891
Apr - 14	3.358	750	919	5.027
Mag - 14	3.013	769	903	4.685
Giu - 14	2.338	695	698	3.731
Lug - 14	1.013	364	546	1.923
Ago - 14	576	271	500	1.347
Set - 14	2.391	693	665	3.749
Ott - 14	3.931	764	763	5.458
Nov - 14	4.519	949	1.298	6.766
Dic - 14	3.905	902	1.445	6.252
<b>Totale</b>	<b>38.856</b>	<b>8.782</b>	<b>10.441</b>	<b>58.079</b>
POD: IT001E00096846	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2015</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4.691	1.151	1.497	7.339
Feb - 15	4.905	1.107	1.391	7.403
Mar - 15	5.371	1.178	1.571	8.120
Apr - 15	3.768	872	1.325	5.965
Mag - 15	3.358	981	1.432	5.771
Giu - 15	2.483	801	1.104	4.388
Lug - 15	1.159	563	864	2.586
Ago - 15	631	445	897	1.973
Set - 15	2.698	765	924	4.387
Ott - 15	4.575	991	1.085	6.651
Nov - 15	5.100	727	725	6.552
Dic - 15	3.731	587	733	5.051
<b>Totale</b>	<b>42.470</b>	<b>10.168</b>	<b>13.548</b>	<b>66.186</b>
POD: IT001E00096846	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2016</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	4.509	705	854	6.068
Feb - 16	5.217	749	761	6.727
Mar - 16	4.508	717	820	6.045
Apr - 16	3.360	726	945	5.031
Mag - 16	3.581	683	747	5.011
Giu - 16	2.063	659	769	3.491
Lug - 16	363	395	645	1.403
Ago - 16	428	301	570	1.299
Set - 16	2.314	634	656	3.604
Ott - 16	4.150	756	794	5.700
Nov - 16	5.452	802	923	7.177
Dic - 16	4.423	909	1.408	6.740
<b>Totale</b>	<b>40.368</b>	<b>8.036</b>	<b>9.892</b>	<b>58.296</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 5.7 bis.

Tabella 5.7 – Consumi mensili fatturati

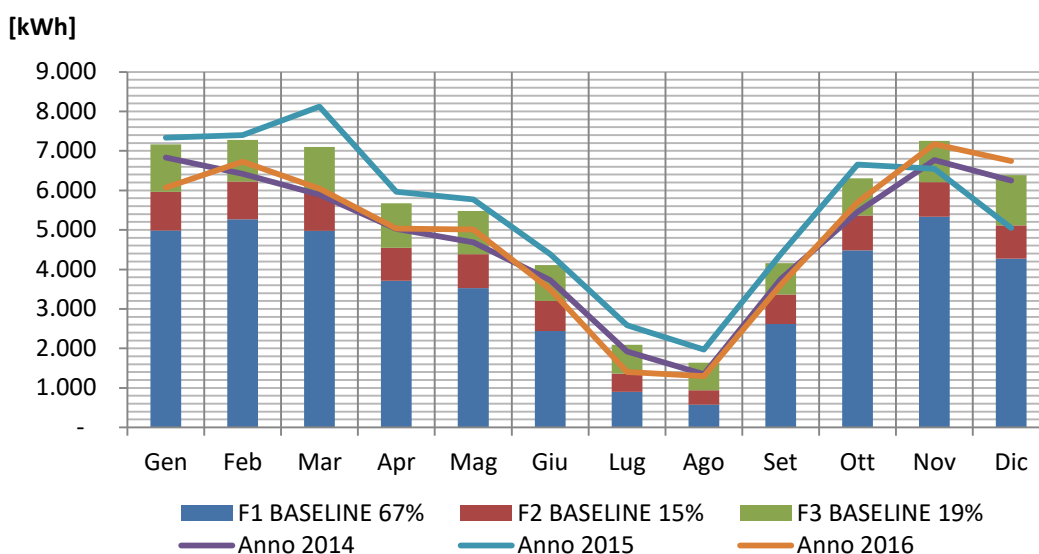
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.691	929	1.126	6.745
Febbraio	4.960	904	987	6.850
Marzo	4.687	911	1.087	6.685
Aprile	3.495	783	1.063	5.341
Maggio	3.317	811	1.027	5.156
Giugno	2.295	718	857	3.870
Luglio	845	441	685	1.971
Agosto	545	339	656	1.540
Settembre	2.468	697	748	3.913
Ottobre	4.219	837	881	5.936
Novembre	5.024	826	982	6.832
Dicembre	4.020	799	1.195	6.014
<b>Totale</b>	<b>40.565</b>	<b>8.995</b>	<b>11.294</b>	<b>60.854</b>

Tabella 5.7 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.982	986	1.196	7.164
Febbraio	5.267	960	1.048	7.275
Marzo	4.978	968	1.154	7.100
Aprile	3.712	831	1.129	5.672
Maggio	3.523	861	1.091	5.476
Giugno	2.437	763	910	4.110
Luglio	897	468	727	2.093
Agosto	579	360	696	1.635
Settembre	2.621	741	795	4.156
Ottobre	4.480	889	935	6.305
Novembre	5.335	877	1.043	7.256
Dicembre	4.269	849	1.269	6.387
<b>Totale</b>	<b>43.081</b>	<b>9.553</b>	<b>11.994</b>	<b>64.629</b>

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – 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 coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.5 e dettagliatamente nella tabella 4.13, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby o i consumi residui dell'ascensore;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, la quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

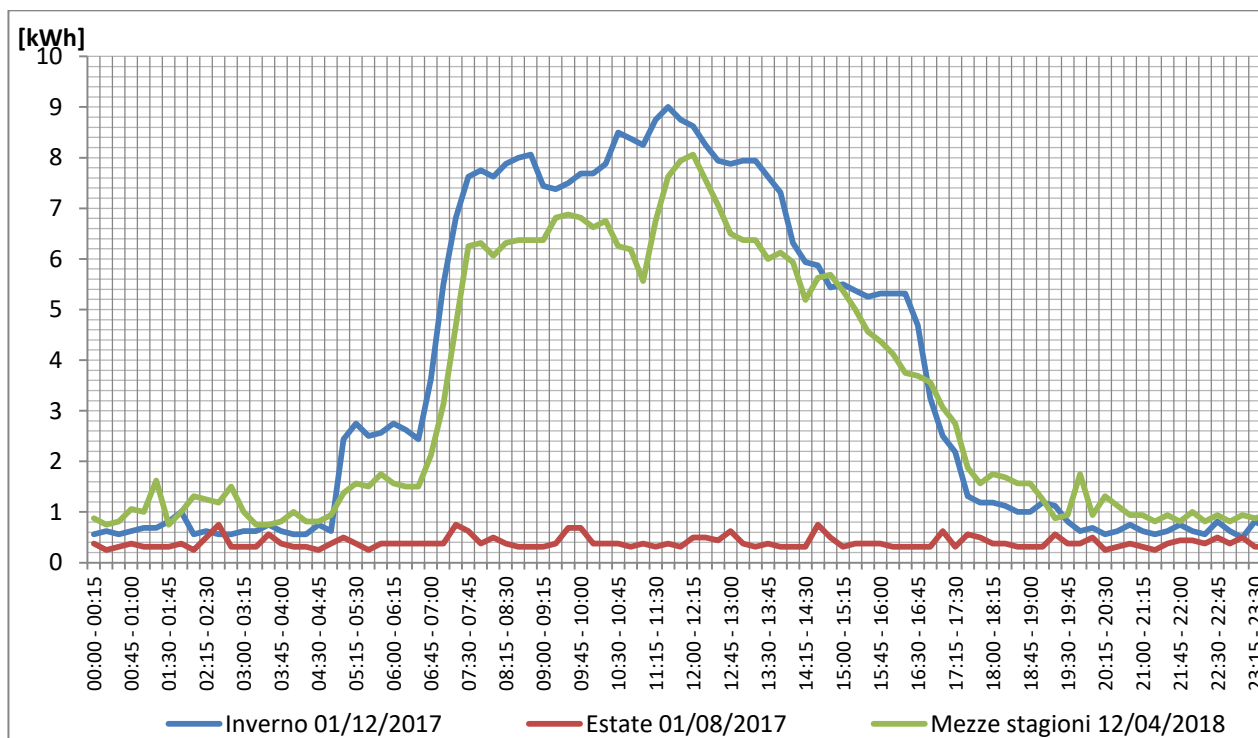
Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	01/12/2017	Venerdì	Periodo scolastico	6,0
Profilo 2	01/08/2017	Martedì	Periodo di Vacanze	29,0
Profilo 3	12/04/2018	Giovedì	Periodo scolastico	13,0

L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096846



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

Il prelievo di potenza massima è pari a 9,00 kWh e si verifica nel periodo invernale alla data 01/12/2017. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

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

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

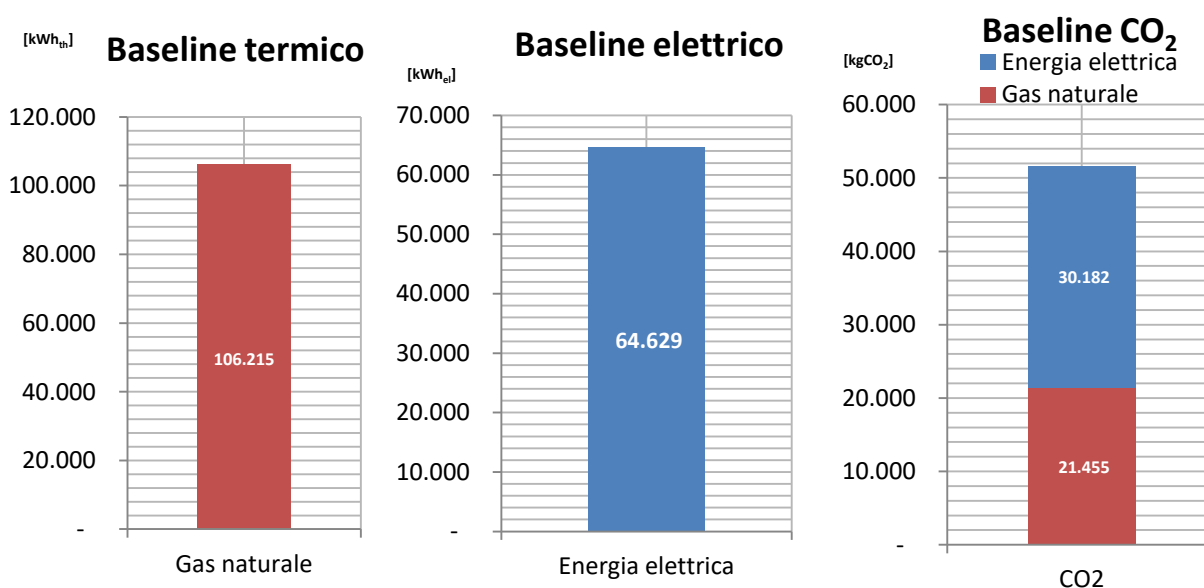
\* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.3

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	64.629	* 0,467	30,182
Gas naturale	106.215	* 0,202	21,455

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.



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

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

COMBUSTIBILE	F <sub>P,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 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.192	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.253	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	10.074	m <sup>3</sup>

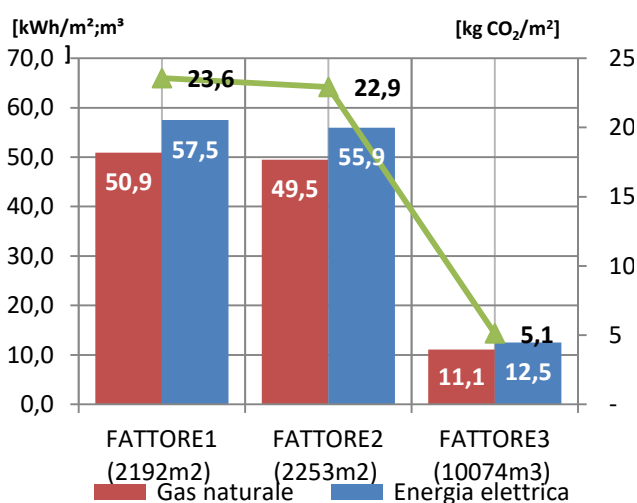
Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

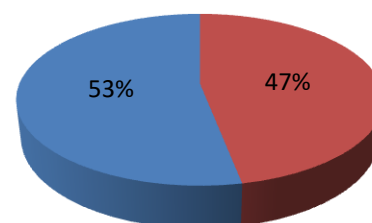
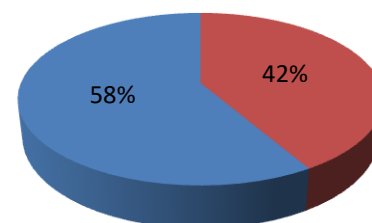
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 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	106.215	1,05	111.526	50,9	49,5	11,1	9,79	9,52	2,13
Energia elettrica	64.629	2,42	156.402	71,4	69,4	15,5	13,77	13,40	3,00
<b>TOTALE</b>			<b>267.928</b>	<b>122</b>	<b>119</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>5</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	106.215	1,05	111.526	50,9	49,5	11,1	9,79	9,52	2,13
Energia elettrica	64.629	1,95	126.027	57,5	55,9	12,5	13,77	13,40	3,00
<b>TOTALE</b>			<b>237.552</b>	<b>108</b>	<b>105</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>5</b>

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

## Ripartizione % energia primaria

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

■ Gas naturale ■ Energia elettrica



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	4,615	6,401	6,401	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	20,473	22,196	21,253

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la scuola in esame avviene paragonandoli ai consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo della realtà nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

In particolare la classe di merito della scuola in esame si individua in base alla collocazione nelle tabelle di riferimento dello IEN calcolato; tali parametri sono riportati nell'Allegato M – Report di Benchmark.

Tabella 5.16 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	<b>Wh<sub>t</sub> / m<sup>3</sup> x GG x anno</b>		
	<b>Buono</b>	<b>Sufficiente</b>	<b>Insufficiente</b>
<b>Materne</b>	<b>minore di 18,5</b>	<b>da 18,5 a 23,5</b>	<b>maggiore di 23,5</b>
<b>Elementari</b>	<b>minore di 11,0</b>	<b>da 11,0 a 17,5</b>	<b>maggiore di 17,5</b>
<b>Medie, Secondarie Sup.</b>	<b>minore di 11,5</b>	<b>da 11,5 a 15,5</b>	<b>maggiore di 15,5</b>

Tabella 5.17 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	<b>kWh<sub>e</sub> / m<sup>2</sup> x anno</b>		
	<b>Buono</b>	<b>Sufficiente</b>	<b>Insufficiente</b>
<b>Materne</b>	<b>minore di 11,0</b>	<b>da 11,0 a 16,5</b>	<b>maggiore di 16,5</b>
<b>Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.</b>	<b>minore di 9,0</b>	<b>da 9,0 a 12,0</b>	<b>maggiore di 12,0</b>
<b>Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.</b>	<b>minore di 12,5</b>	<b>da 12,5 a 15,5</b>	<b>maggiore di 15,5</b>

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl,nren</sub>	kWh/mq anno	225,2525	217,5402
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	159,3150	158,2804
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	39,1785	37,6978
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0,9318	0,7508
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	23,2306	18,7189
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	2,5966	2,0923
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	52,59	49,66

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	41.119	406.708
Energia Elettrica	-	127.708

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:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, \text{aux, gn}}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, \text{aux, gn}}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{\text{ve,el}} + E_{\text{aux,e}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, \text{aux, d}} + E_{W, \text{aux, d}}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L, \text{int}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{\text{c,aux}}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_{\text{T}} + E_{\text{altro}}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{\text{trasf}}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{\text{exp,el}}$

Nota (\*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

### 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 che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente, secondo la definizione delle UNI TS 11300, e che dunque non è in funzione tutti i giorni della settimana.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{\text{gl,nren}}$	kWh/mq anno	103,1895	93,2421
Climatizzazione invernale	$EP_{\text{H}}$	kWh/mq anno	33,2454	32,5979
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_{\text{w}}$	kWh/mq anno	38,2668	35,1192

Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0,9318	0,7508
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	28,1488	22,6819
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	2,5966	2,0923
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	29,24	25,60

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Inoltre si fa presente che gli indici calcolati sono paragonabili a quelli calcolati nelle tabelle 5.13 e 5.14. Le incongruenze nell'ordine del 10% sono riconducibili alla porzione di energia elettrica imputabile alle FEM così come calcolate nel paragrafo 4.5 e non inserite all'interno del modello di calcolo.

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	11.518	108.497
Energia Elettrica	-	62.926

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico (Q<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

Q <sub>teorico</sub>	Q <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
108.497	106.215	2,2

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<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico (EE<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

EE <sub>teorico</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
62.926	64.929	3,1

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

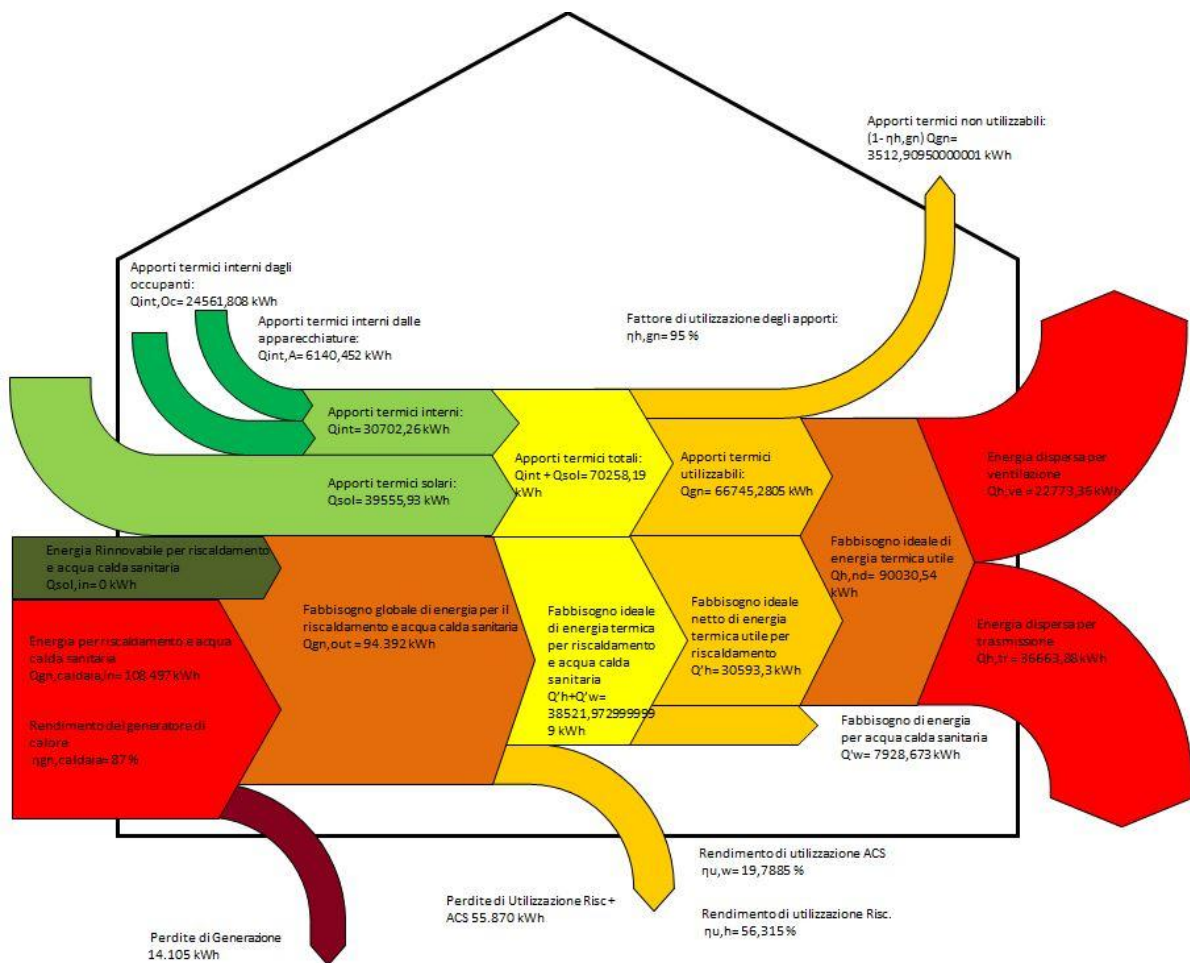
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

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

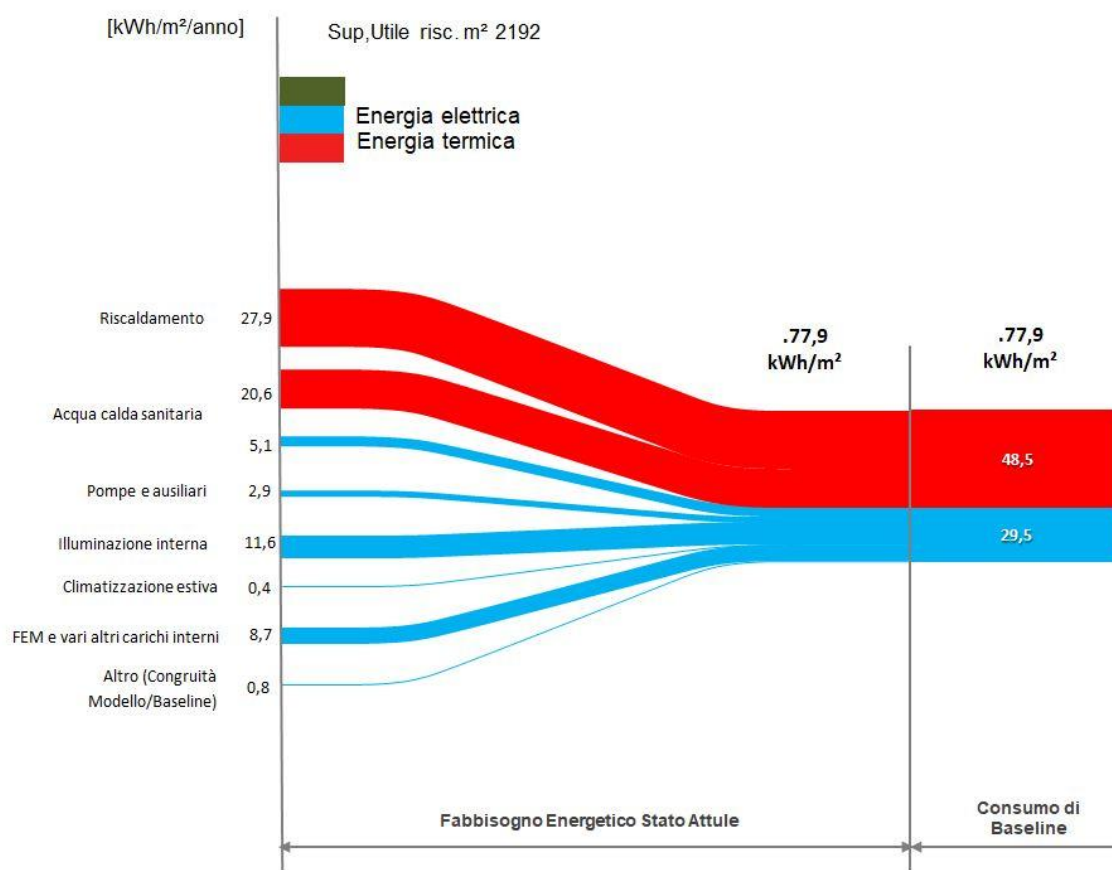


Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli e che le dispersioni per trasmissione sono più del triplo delle perdite per ventilazione.

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



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



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

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

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

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

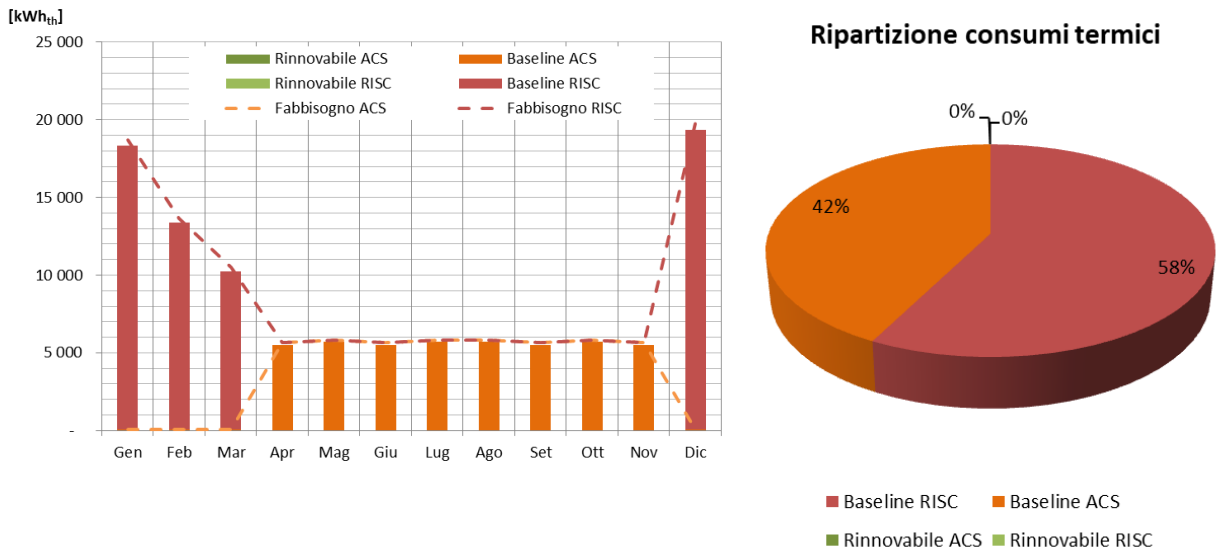
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di ACS.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



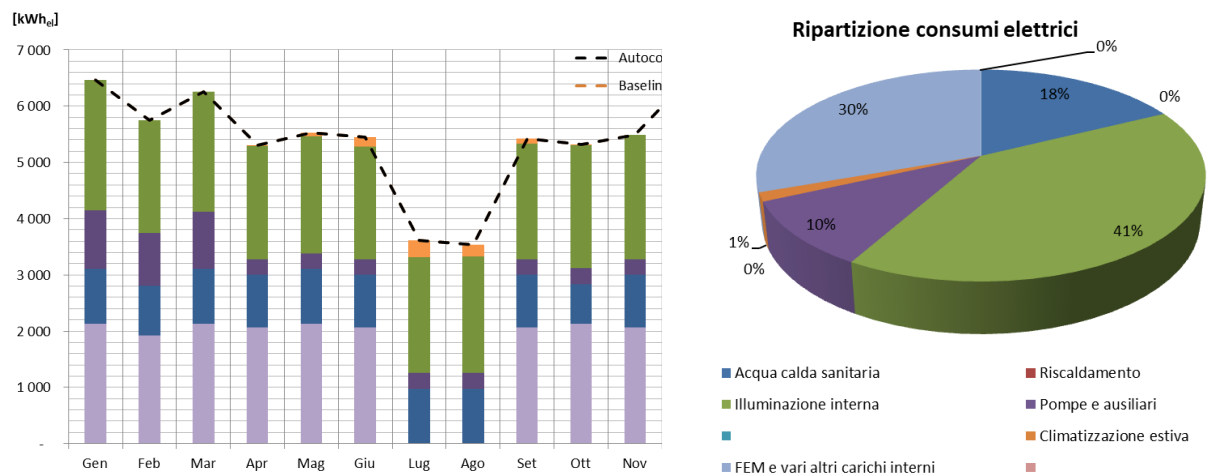
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento degli ambienti della scuola, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti di tale impianto. Si fa notare che la sostituzione del generatore di calore comporterà notevoli benefici anche per la produzione di ACS trattandosi di sistema combinato.

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 precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 16.804 kWh, valore derivato dall’utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all’interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’impianto di illuminazione degli ambienti.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270036970955: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270036801333: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. Non essendo state fornite le fatture relative ai consumi di gas non è stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

#### 7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096846: 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 elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096846	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA BOLZANETO 11 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	50,00 kW	50,00 kW	50,00 kW	50,00 kW	31,00 kW kW
Potenza elettrica disponibile	50,00 kW	50,00 kW	50,00 kW	50,00 kW	50,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,07441 €/kWh	0,07417 €/kWh	0,03599 €/kWh	0,04370 €/kWh	0,05025 €/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 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

POD: IT001E00096 846	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	513	73	565	85	272	1.509	6.829	0,221
Feb – 14	486	75	758	80	308	1.707	6.421	0,266
Mar – 14	443	69	550	74	250	1.386	5.891	0,235
Apr – 14	374	80	497	63	223	1.237	5.027	0,246
Mag – 14	347	73	457	59	206	1.142	4.685	0,244
Giu – 14	277	59	383	47	168	934	3.731	0,250
Lug – 14	139	31	207	24	88	488	1.923	0,254
Ago – 14	95	21	272	17	89	494	1.347	0,367
Set – 14	279	60	376	47	167	928	3.749	0,248
Ott – 14	411	72	532	68	239	1.323	5.458	0,242
Nov – 14	503	90	657	85	293	1.627	6.766	0,240
Dic – 14	455	92	613	78	-	1.237	6.252	0,198
<b>Totale</b>	<b>4.321</b>	<b>795</b>	<b>5.867</b>	<b>726</b>	<b>2.304</b>	<b>14.012</b>	<b>58.079</b>	<b>0,241</b>
POD: IT001E00096 846	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	543	87	678	92	140	1.539	7.339	0,210
Feb – 15	550	88	686	93	142	1.558	7.403	0,211
Mar – 15	603	97	740	102	154	1.696	8.120	0,209
Apr – 15	250	67	510	75	90	992	5.965	0,166
Mag – 15	232	65	492	72	86	947	5.771	0,164
Giu – 15	169	50	385	55	66	725	4.388	0,165
Lug – 15	98	29	241	32	40	440	2.586	0,170
Ago – 15	76	22	203	25	33	358	1.973	0,181
Set – 15	167	50	389	55	66	726	4.387	0,166
Ott – 15	210	75	598	83	97	1.063	6.651	0,160
Nov – 15	203	74	593	82	95	1.047	6.552	0,160
Dic – 15	155	57	468	63	74	818	5.051	0,162
<b>Totale</b>	<b>3.255</b>	<b>762</b>	<b>5.983</b>	<b>827</b>	<b>1.083</b>	<b>11.910</b>	<b>66.186</b>	<b>0,180</b>
POD: IT001E00096 846	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]

## E1136 – Scuola media “P. Gaslini”

Gen – 16	325	64	582	76	105	1.152	6.068	0,190
Feb – 16	274	71	629	84	106	1.164	6.727	0,173
Mar – 16	225	64	576	76	94	1.034	6.045	0,171
Apr – 16	164	78	481	63	79	864	5.031	0,172
Mag – 16	181	82	446	63	77	849	5.011	0,170
Giu – 16	135	57	347	44	58	641	3.491	0,184
Lug – 16	60	30	153	18	26	287	1.403	0,205
Ago – 16	49	28	130	16	22	245	1.299	0,189
Set – 16	166	76	343	45	63	692	3.604	0,192
Ott – 16	334	92	554	71	105	1.156	5.700	0,203
Nov – 16	477	114	623	90	130	1.435	7.177	0,200
Dic – 16	416	106	640	84	125	1.371	6.740	0,203
<b>Totale</b>	<b>2.806</b>	<b>863</b>	<b>5.503</b>	<b>729</b>	<b>990</b>	<b>10.891</b>	<b>58.296</b>	<b>0,187</b>

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell’anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall’AEEGSI.

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

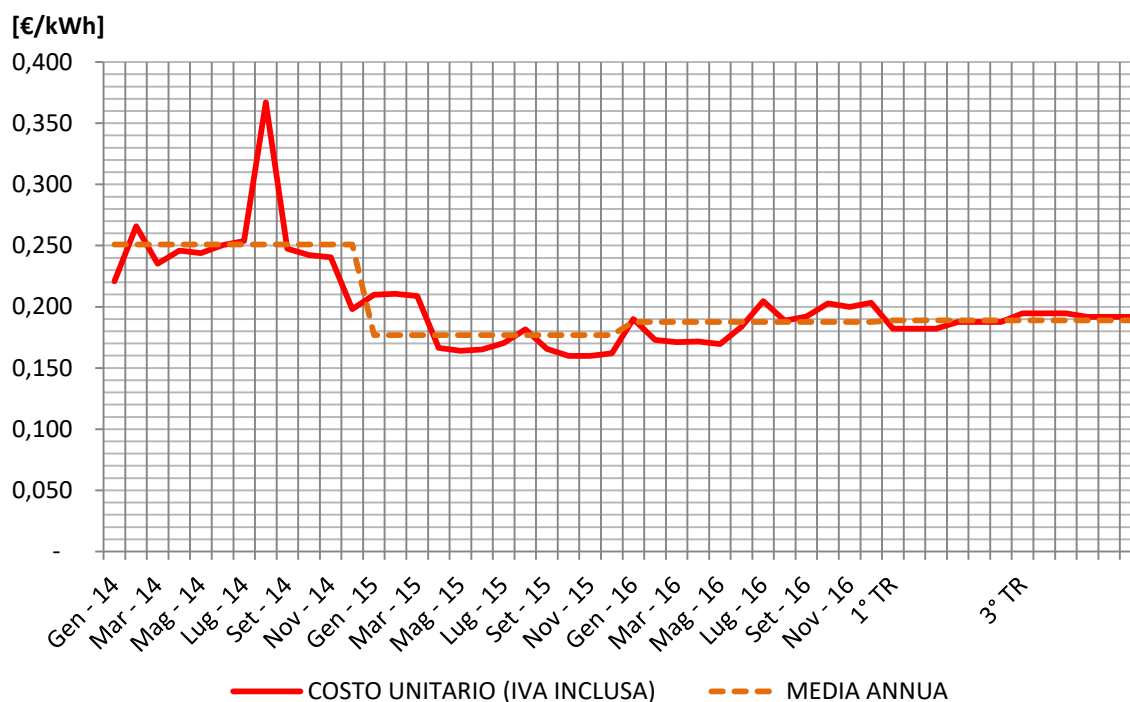
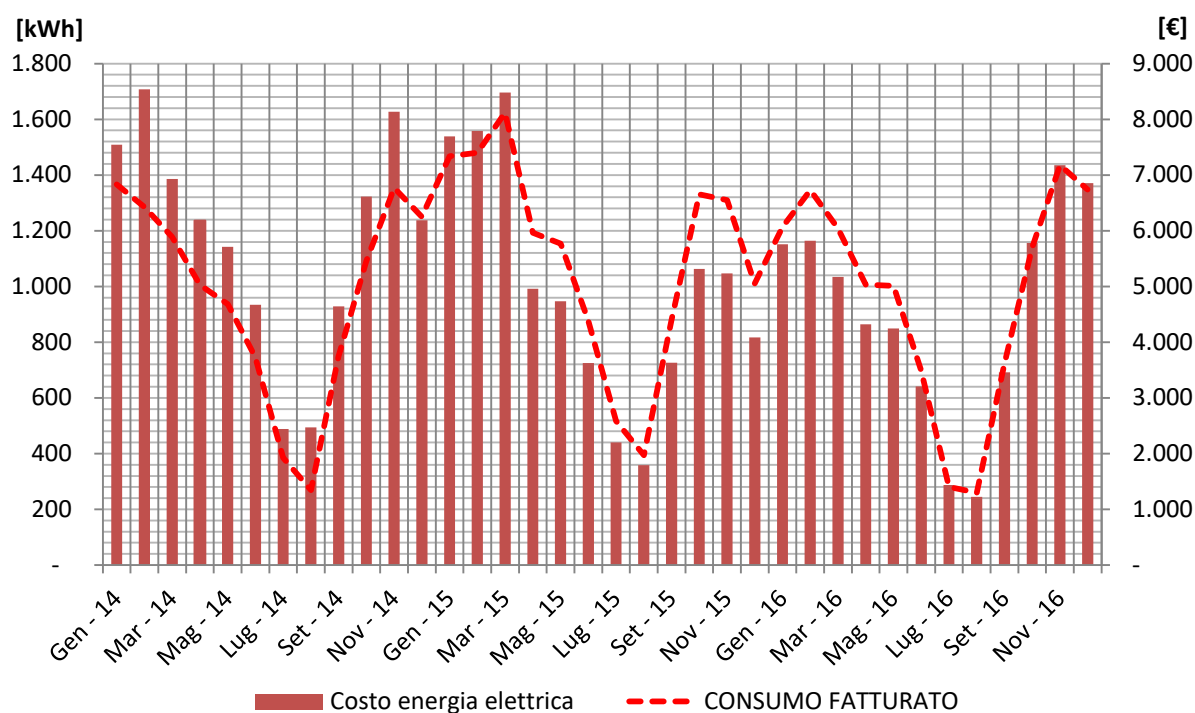


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	58.079	14.012	0,241	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	66.186	11.910	0,180	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	58.296	10.891	0,187	n.d.
2017	n.d.	n.d.	0,0803	n.d.	n.d.	0,188	n.d.
<b>Media</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>60.854</b>	<b>12.271</b>	<b>0,199</b>	<b>n.d.</b>

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C <sub>uQ</sub>	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C <sub>uEE</sub>	0,189 [€/kWh]

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



### 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-019: 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 25.086€.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{MO}$ 13.078	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 3.477	[€/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:

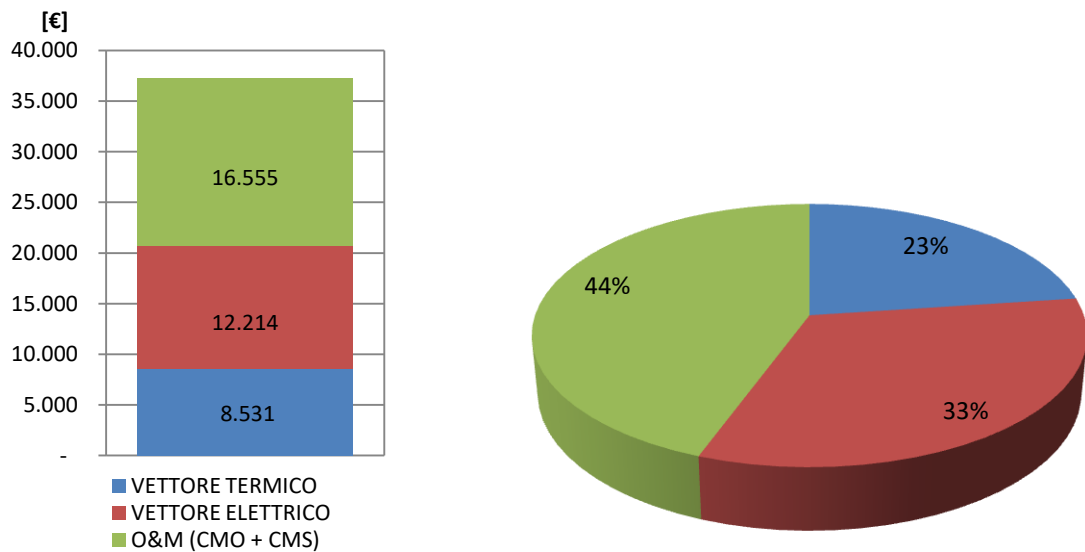
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 20.745 e un  $C_{baseline}$  pari a € 37.300

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )		TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
106.215	0,080	8.531	64.629	0,189	12.214	16.555	13.078	3.477	37.300

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: Isolamento termico copertura

###### Generalità

La misura prevede l'isolamento termico del solaio di copertura all'intradosso tramite il controplaccaggio di un materassino in materiale isolante, fissato direttamente al solaio e successivamente rivestito con una lastra di cartongesso rasata e verniciata.

L'isolamento termico della copertura consente di ottenere notevoli benefici proporzionali al grado di isolamento e alla superficie di intervento. Fra questi una riduzione dei consumi energetici invernali ed estivi e migliori condizioni di comfort abitativo invernale ed estivo nei locali sottostanti; inoltre mantenendo al caldo gli strati costituenti la struttura si riducono i rischi di condensazione interstiziale e superficiale.

Figura 8.1 – Particolare solaio



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico in estradosso del solaio di copertura sarà eseguito mediante feltro in lana di roccia a bassa densità. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

- Prestazioni termiche: la disponibilità di spessori elevati permette di ottenere un notevole comfort abitativo sia invernale che estivo.
- Controllo del vapore: la carta kraft politenata che ricopre un lato del feltro svolge la funzione di freno vapore, utile in particolari condizioni termo igrometriche.
- Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni igrometriche dell'ambiente.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (10-15%).

###### Descrizione dei lavori

Dopo aver opportunamente pulito da impurità il piano di posa si procede alla posa, con continuità, di pannelli ben accostati tra loro a giunti sfalsati per costituire il primo strato. Dopo aver terminato con il primo strato si procedere alla stesura del secondo strato di isolante facendo attenzione a sfalsare i giunti rispetto al sottostante strato. Infine si procede all'impermeabilizzazione mediante uno strato di guaina bituminosa.

###### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – ISOLAMENTO TERMICO COPERTURA

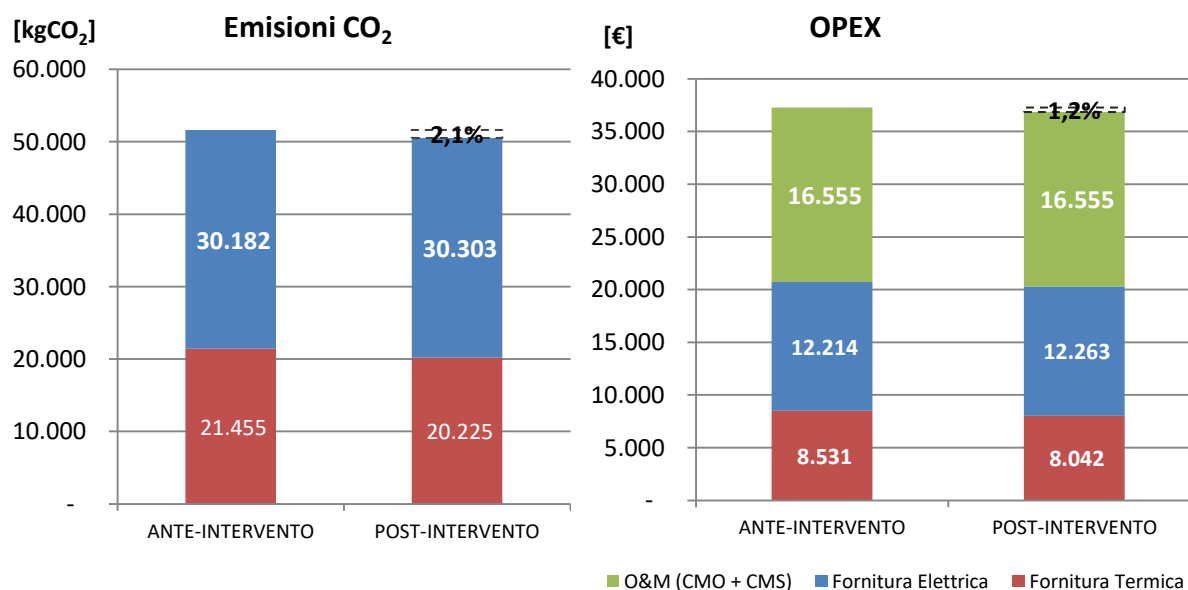
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	W/m <sup>2</sup> K	1,159	0,203	82,5%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	108.497	102.276	5,7%

EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	62.926	63.179	-0,4%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	106.215	100.125	5,7%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	64.629	64.889	-0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	20.225	5,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	30.303	-0,4%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>50.528</b>	<b>2,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.531	8.042	5,7%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.214	12.263	-0,4%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>20.745</b>	<b>20.305</b>	<b>2,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	13.078	13.078	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	3.477	3.477	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.555</b>	<b>16.555</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>37.300</b>	<b>36.859</b>	<b>1,2%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

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



## EEM2: Sostituzione infissi

### Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti gli infissi attualmente presenti nell’edificio al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso l’involucro trasparente.

L’installazione di infissi in PVC con vetrocamera e trattamento basso emissivo consente di ridurre le dispersioni per trasmissione dell’involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico e alla riduzione dei consumi termici per la climatizzazione invernale.

Figura 8.3 – Particolare infissi



### Caratteristiche funzionali e tecniche

L’installazione di infissi in PVC richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione della finestra esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell’intervento.

Tale misura può ridurre la trasmissione dell’involucro trasparente in modo significativo (20-25%).

### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.12 e nella Figura 8.24.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – SOSTITUZIONE INFISSI

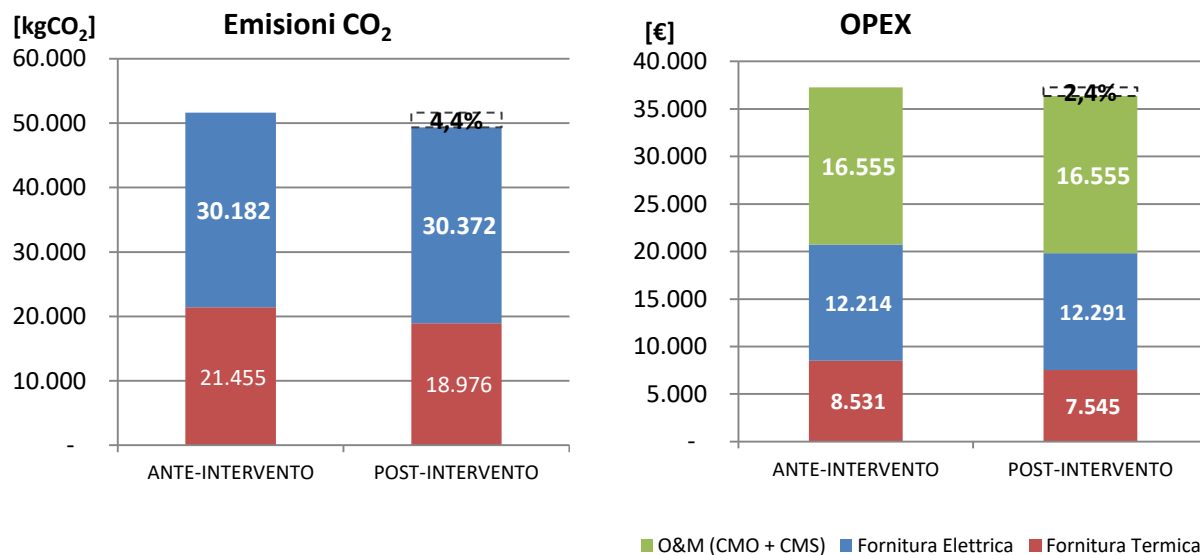
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 (trasmissione termica)	W/m <sup>2</sup> K	5,7	1,728	<b>69,7%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	108.497	95.957	<b>11,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	62.926	63.323	<b>-0,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	106.215	93.939	<b>11,6%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	64.629	65.037	<b>-0,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	18.976	<b>11,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	30.372	<b>-0,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>49.348</b>	<b>4,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.531	7.545	<b>11,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.214	12.291	<b>-0,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>20.745</b>	<b>19.836</b>	<b>4,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	13.078	13.078	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	3.477	3.477	<b>0,0%</b>

O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	16.555	16.555	0,0%
OPEX	[€]	37.300	36.391	2,4%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline





### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM3: Caldaie a condensazione

##### Generalità

La misura prevede l'installazione di quattro caldaie modulari murali a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L'installazione di un generatore modulare a gas a condensazione consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento grazie al principio della condensazione associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.3 – Particolare generatore di calore



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di una caldaia a condensazione richiede la valutazione delle prestazioni dello stato di conservazione della rete di distribuzione e della possibilità di installare valvole regolatrici della portata sui corpi scaldanti, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (20-30%).

La potenza termica utile e la portata termica del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto termico, alla potenza del generatore attualmente installato ed alla possibilità di avere fabbisogni inferiori a seguito di altri tipi di intervento di efficientamento energetico.

##### Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM3 – SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3: Rendimento di generazione	[-]	87	107	<b>18,7%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	108.497	35.398	<b>67,4%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	62.926	63.351	<b>-0,7%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	106.215	34.654	<b>67,4%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	64.629	65.065	<b>-0,7%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	7.000	<b>67,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	30.386	<b>-0,7%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>37.386</b>	<b>27,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	8.531	2.783	<b>67,4%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	12.214	12.296	<b>-0,7%</b>

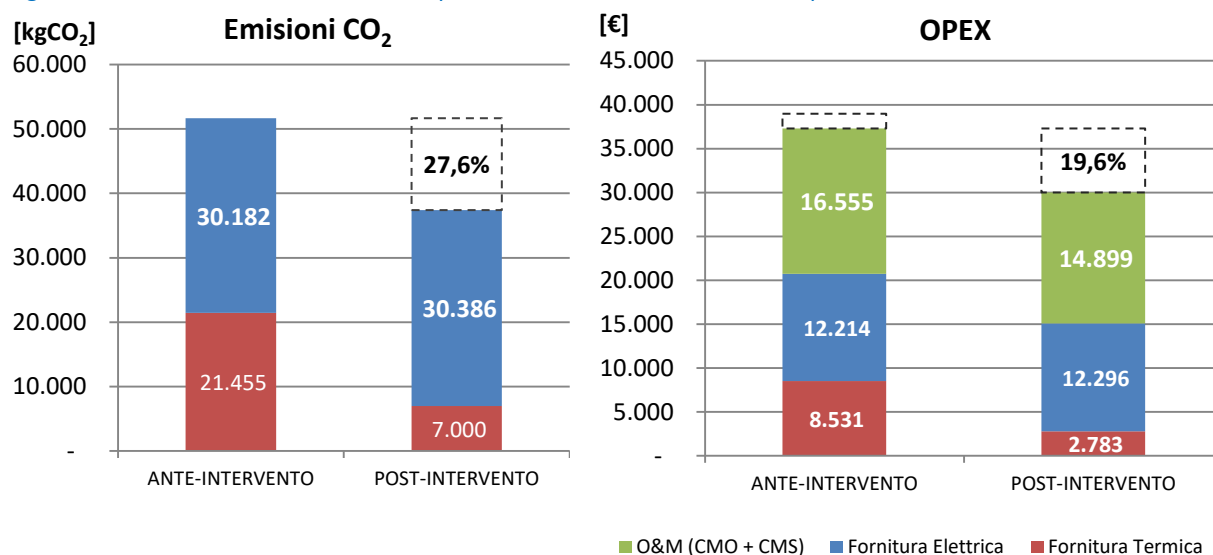
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	20.745	15.079	27,3%
C <sub>MO</sub>	[€]	13.078	11.771	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	3.477	3.129	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	16.555	14.899	10,0%
OPEX	[€]	37.300	29.979	19,6%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

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 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

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



## EEM4: Pompe a portata variabile

### Generalità

La misura prevede l'installazione di una pompa di circolazione di tipo elettronico a giri variabili (inverter). L'intervento sarà realizzato mediante la sostituzione delle due pompe di circolazione a giri fissi, con una nuova pompa di circolazione gemellare a giri variabili controllata elettronicamente da inverter e grado di protezione minimo IP55.

Portata, prevalenza e diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

L'installazione di un circolatore elettronico a velocità variabile permette di ottimizzare tutte le prestazioni dell'impianto anche in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli organi ausiliari. Inoltre viene prolungata la vita della pompa stessa.

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



### Descrizione dei lavori

La posa del nuovo circolatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

### Prestazioni raggiungibili

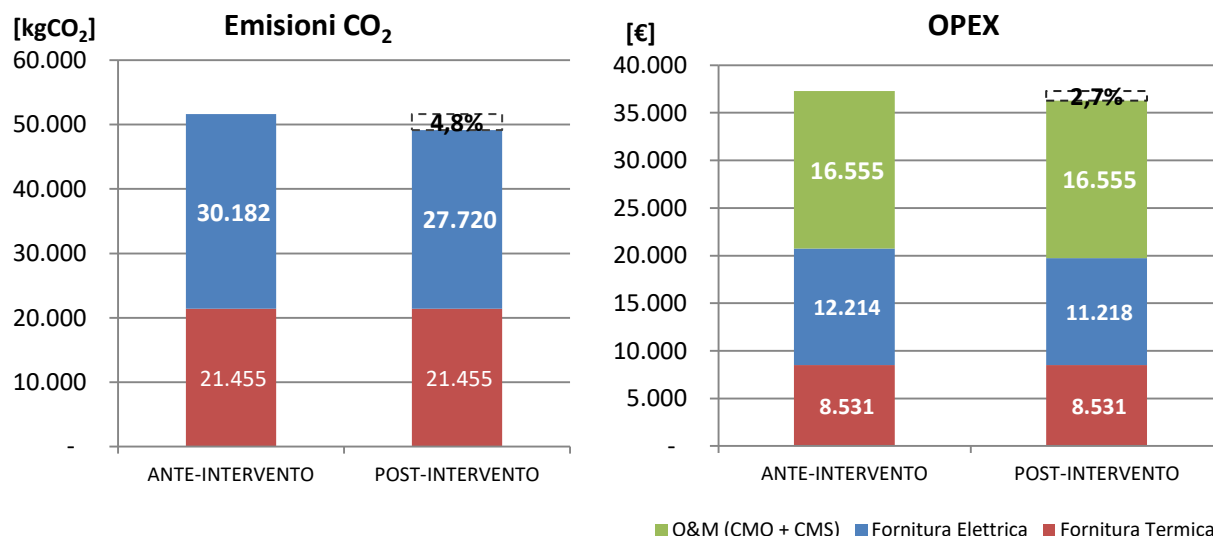
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – INSTALLAZIONE CIRCOLATORE CON INVERTER

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5: Potenza elettrica assorbita	[W]	980	450	<b>54,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	108.497	108.497	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	62.926	57.794	<b>8,2%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	106.215	106.215	<b>0,0%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	64.629	59.358	<b>8,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	21.455	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	27.720	<b>8,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>49.176</b>	<b>4,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.531	8.531	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.214	11.218	<b>8,2%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>20.745</b>	<b>19.748</b>	<b>4,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	13.078	13.078	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	3.477	3.477	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.555</b>	<b>16.555</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>37.300</b>	<b>36.303</b>	<b>2,7%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

Figura 8.8 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è soddisfatto da un sistema combinato per la produzione del calore. Ne consegue che l'efficientamento dell'impianto di riscaldamento comporta l'efficientamento anche del sistema di produzione dell'ACS.

### 8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell'area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi.

Inoltre si fa presente che, data la normativa vigente in materia di classificazione energetica, riducendo la potenza installata dei corpi illuminanti (come nel caso dell'utilizzo di tecnologia LED) non è quasi mai possibile determinare un salto di due classi energetiche, anzi la classe energetica dell'edificio peggiora. Tale criticità sarebbe risolvibile combinando tale EEM con altri più energeticamente prestanti ma, come già precisato i costi non renderebbero conveniente l'intero scenario.

## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: Isolamento termico copertura**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un isolamento termico della copertura come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento termico copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di vetro 10 cm	Liguria 2017	500	€/mq	14,337	7.168,50 €	1.577,07 €	8.745,57 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	500	€/mq	4,221	2.110,50 €	464,31 €	2.574,81 €
Lastra di cartongesso	Liguria 2017	500	€/mq	8,766	4.383,00 €	964,26 €	5.347,26 €
Costi per la sicurezza				3%	409,86 €	90,17 €	500,03 €
Costi per la progettazione				7%	956,34 €	210,39 €	1.166,73 €
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>					<b>15.028,20 €</b>	<b>3.306,20 €</b>	<b>18.334,40 €</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					€	7.334
<b>Durata incentivi</b>						<b>Anni</b>	5
<b>Incentivo annuo</b>						<b>€/Anno</b>	<b>1.467</b>

#### **EEM2: Sostituzione infissi**

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi esistenti come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione infissi

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]
Rimozione infissi esistenti	Liguria 2017	350	€/mq	12,159	4.255,65 €	936,24 €	5.191,89 €
Fornitura infissi in PVC	Liguria 2017	350	€/mq	296,01	103.603,50 €	22.792,77 €	126.396,27 €
Posa in opera di infissi in PVC	Liguria 2017	350	€/mq	42,858	15.000,30 €	3.300,07 €	18.300,37 €
Costi per la sicurezza				3%	3.685,78 €	810,87 €	4.496,66 €
Costi per la progettazione				7%	8.600,16 €	1.892,04 €	10.492,20 €
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>					<b>135.145,40 €</b>	<b>29.731,99 €</b>	<b>164.877,38 €</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico*</b>					€	65.951
<b>Durata incentivi</b>						<b>Anni</b>	5
<b>Incentivo annuo</b>						<b>€/Anno</b>	<b>13.190</b>

Nota(\*): Ai fini dell'ottenimento dell'incentivo previsto dal Conto Termico 2.0, l'intervento descritto deve essere in abbinamento con l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione, già preenti nell'edificio oggetto di D.E.

### **EEM3: Installazione generatore di calore a condensazione**

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella installazione di un generatore di calore a condensazione come specificato nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione generatore di calore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione di caldaia esistente	CCIAA RE	2	cad	3697,5	7.395,00 €	1.626,90 €	9.021,90 €
Fornitura di caldaia a condensazione	Liguria 2017	3	cad	7172,55	21.517,65 €	4.733,88 €	26.251,53 €
Posa in opera di caldaia murale	Liguria 2017	3	cad	299,196	897,59 €	197,47 €	1.095,06 €
Costi per la sicurezza				894,31 €	196,75 €	1.091,05 €	894,31 €
Costi per la progettazione				2.086,72 €	459,08 €	2.545,79 €	2.086,72 €
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>				<b>32.791,26 €</b>	<b>7.214,08 €</b>	<b>40.005,34 €</b>	<b>32.791,26 €</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					€	16.002
<b>Durata incentivi</b>						<b>Anni</b>	5
<b>Incentivo annuo</b>						<b>€/Anno</b>	<b>3.200</b>

### **EEM4: Installazione di circolatori a giri variabili**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di circolatori a giri variabili come specificato nel paragrafo dedicato.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione generatore di calore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Circolatore gemellare con inverter DN65	Liguria 2017	3	cad	1963,917	5.891,75 €	1.296,19 €	7.187,94 €
Posa in opera di circolatore	Liguria 2017	3	cad	45,054	135,16 €	29,74 €	164,90 €
Costi per la sicurezza					180,81 €	39,78 €	220,59 €
Costi per la progettazione					421,88 €	92,81 €	514,70 €
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>					<b>6.629,60 €</b>	<b>1.458,51 €</b>	<b>8.088,12 €</b>

## **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 grafici.

**EEM1: Isolamento termico copertura**

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

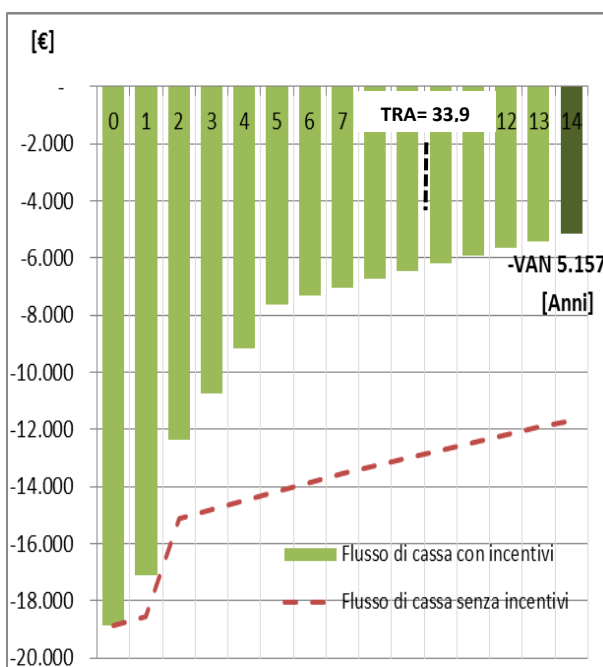
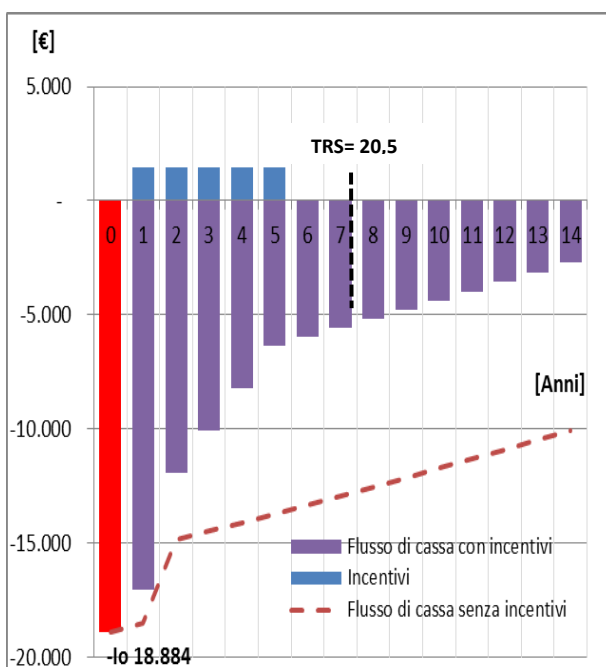
Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento termico copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	18.334
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	1.467
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	35,7	20,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	55,6	33,9
Valore attuale netto	VAN	- 8.696	- 2.166
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,3%	2,3%
Indice di profitto	IP	-0,47	-0,12

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente conveniente, anche in presenza di incentivi.

## EEM2: Sostituzione infissi

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2 – Sostituzione infissi

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 164.877
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 13.190
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	91,4 / 41,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	120,7 / 50,5
Valore attuale netto	VAN	- 127.603 / - 68.883
Tasso interno di rendimento	TIR	-8,4% / -4,7%
Indice di profitto	IP	-0,77 / -0,42

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

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

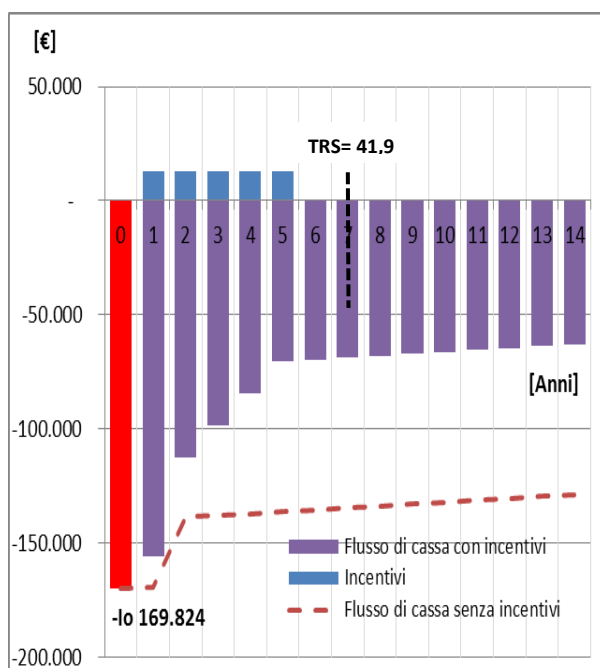
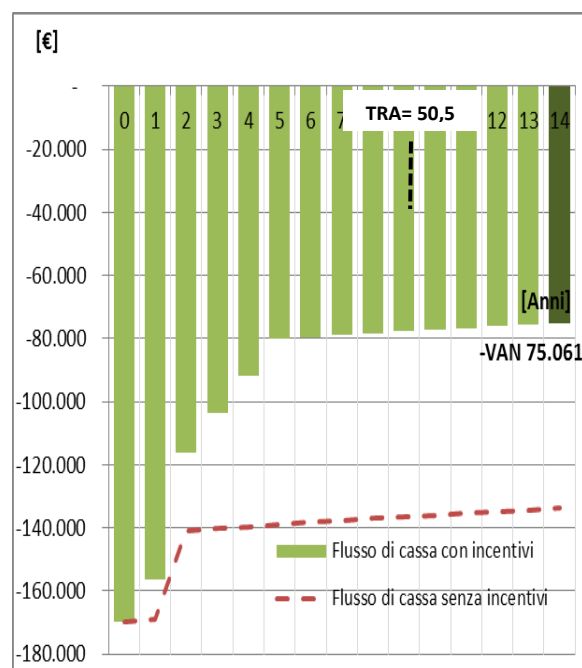


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente conveniente, anche in presenza di incentivi.

### EEM3: Installazione generatore di calore a condensazione

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Generatore di calore a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 40.005
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 3.200
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 5,5	3,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA 6,5	4,3
Valore attuale netto	VAN 33.611	47.858
Tasso interno di rendimento	TIR 15,3%	21,8%
Indice di profitto	IP 0,84	1,20

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

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

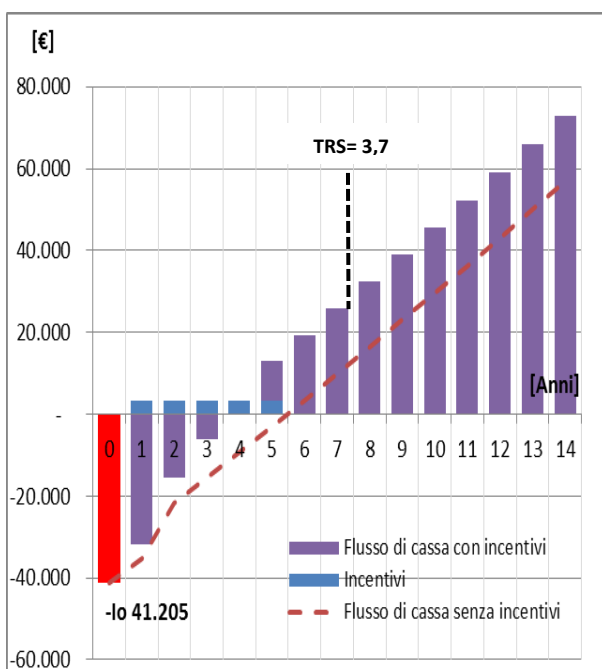
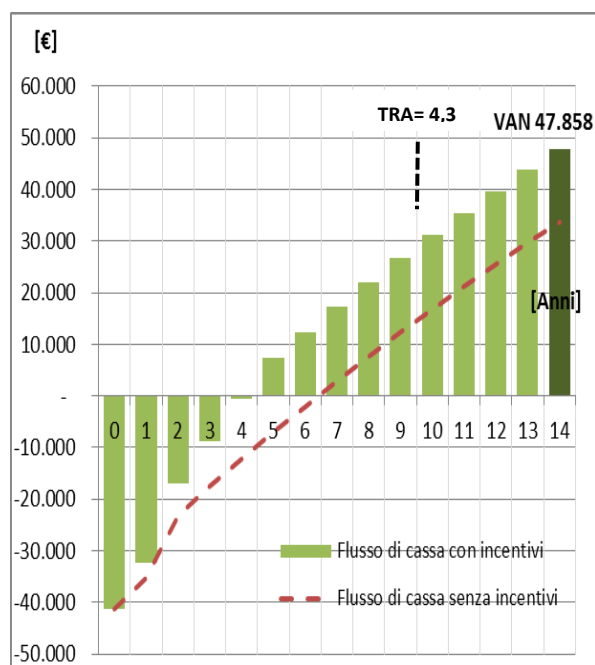


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente conveniente, anche in assenza di incentivi.

### EEM4: Installazione circolatori a giri variabili

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– circolatori a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 8.088
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	$n_B$	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	8,0 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,9 -
Valore attuale netto	VAN	2.392 -
Tasso interno di rendimento	TIR	8,4% -
Indice di profitto	IP	0,30 -

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

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

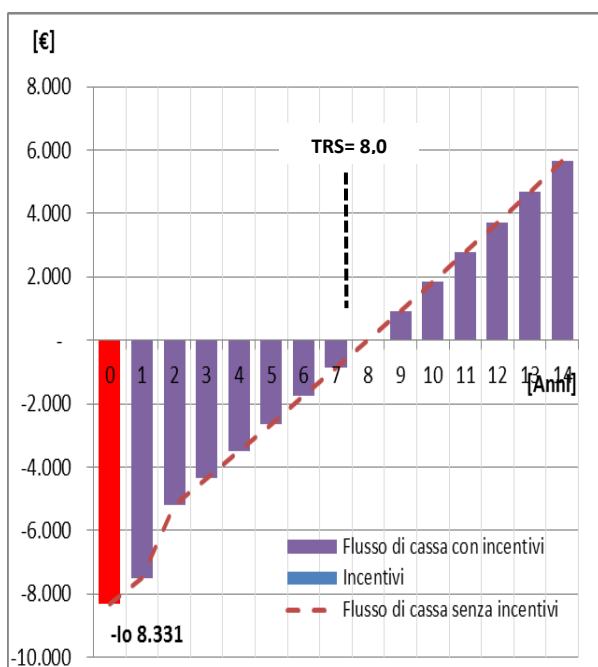
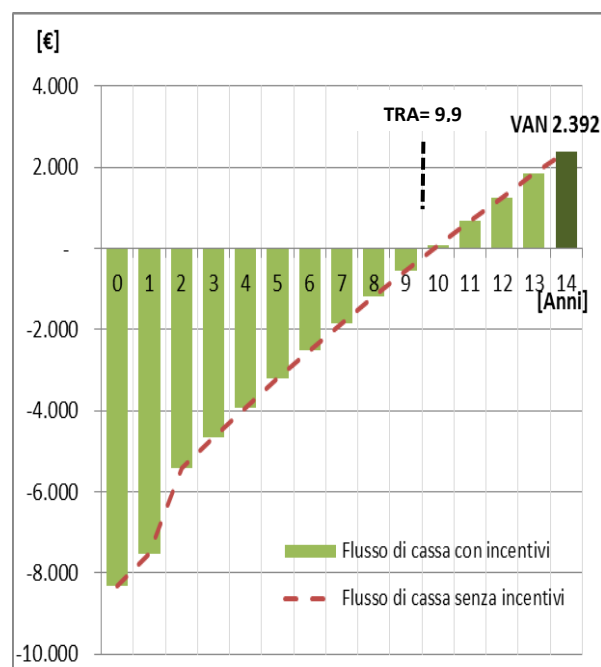


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e tabella 9.10.

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	2,1	2,1	440	-	-	18.334	35,7	20,5	30	-8.969	-1,3	-0,47
EEM 2	4,4	4,4	909	-	-	164.877	91,4	120,7	30	-127.603	-8,4	-0,77
EEM 3	27,6	27,6	5.665	1.308	348	40.005	5,5	6,5	15	33.611	15,3	0,84
EEM 4	4,8	4,8	996	-	-	8.088	8,0	9,9	15	2.392	8,4	0,30

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 non tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti; l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione del generatore di calore a condensazione.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	2,1	2,1	440	-	-	18.334	20,5	33,9	30	-2.166	2,3	-0,12
EEM 2	4,4	4,4	909	-	-	164.877	41,9	50,5	30	-68.883	-4,7	-0,42
EEM 3	27,6	27,6	5.665	1.308	348	40.005	3,7	4,3	15	47.858	21,8	1,20
EEM 4	4,8	4,8	996	-	-	8.088	8,0	9,9	15	2.392	8,4	0,30

Dall'analisi dei risultati emerge che non tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che gli interventi che presentano una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo sono l'EEM1, l'EEM2 e l'EEM3.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

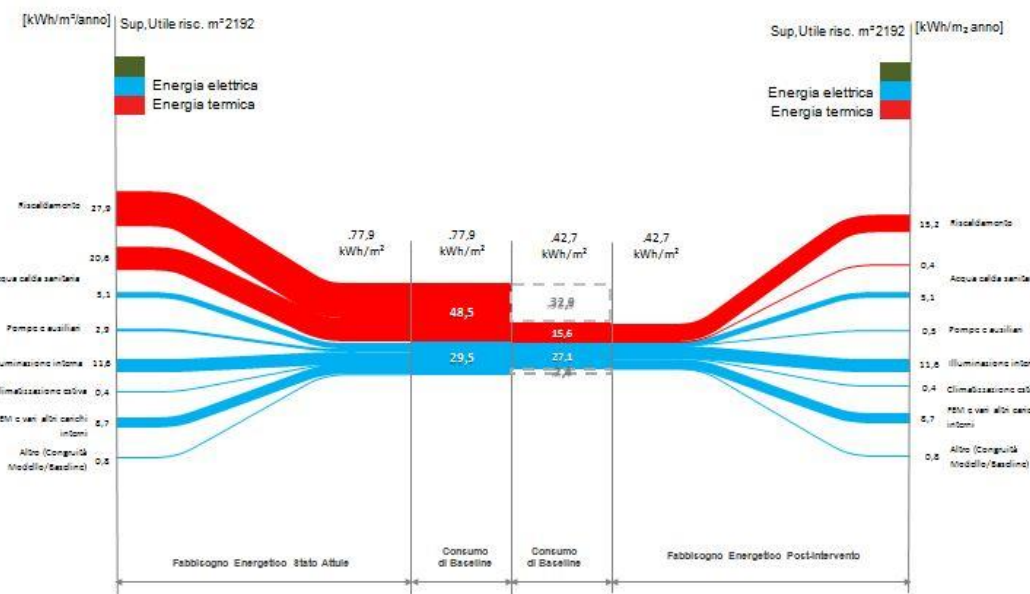
Si sono quindi individuati i seguenti scenari, che forniscano i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella combinazione degli interventi migliorativi EEM3 ed EEM4 e cioè nell'installazione di tre generatori di calore a condensazione e di tre circolatori a giri variabili.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E GENERATORE DI CALORE:** Tale scenario sarà realizzato combinando gli interventi EEM1, EEM2 ed EEM3. In particolare i lavori consistono nella realizzazione dell'isolamento della copertura del fabbricato, della sostituzione degli infissi e nell'installazione di un gruppo termico modulare a condensazione.



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

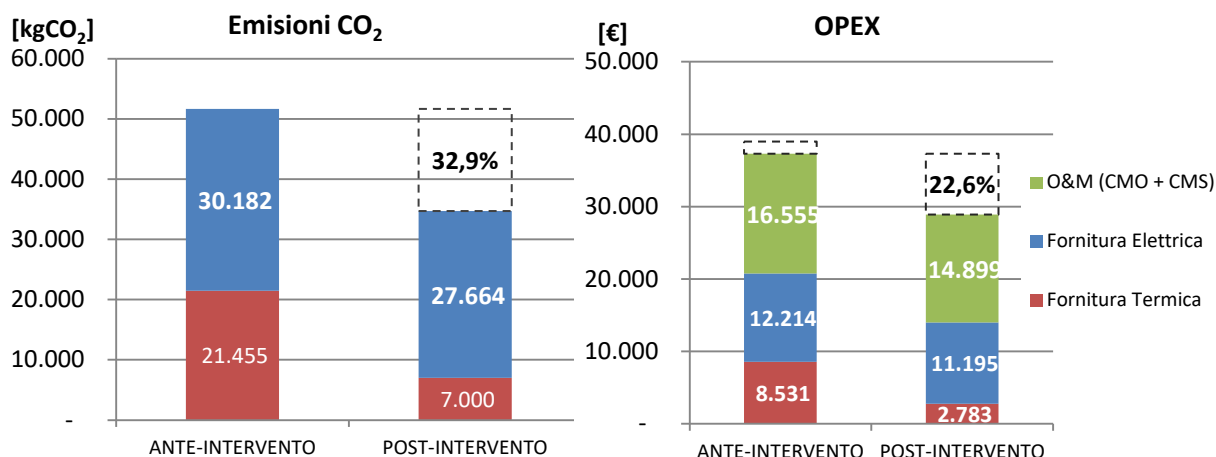


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – Impianto termico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	87	107	18,7%
EEM4 - Potenza installata	[W]	980	450	54,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	108.497	35.397	67,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	62.926	57.677	8,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	106.215	34.653	67,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	64.629	59.238	8,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	7.000	67,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	27.664	8,3%
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>34.664</b>	<b>32,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	8.531	2.783	67,4%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	12.214	11.195	8,3%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>20.745</b>	<b>13.978</b>	<b>32,6%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, $C_{MO}$	[€]	13.078	11.771	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, $C_{MS}$	[€]	3.477	3.129	10,0%
Costo per O&M ( $C_M = C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	16.555	14.899	10,0%
OPEX	[€]	37.300	28.878	22,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.11 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	$n_i$		<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	$n_s$		<b>14</b>
Anni Concessione	$n$		<b>15</b>
Anno inizio Concessione	$n_0$		<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	$n_A$		<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$		<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>		<b>4,00%</b>
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	$f$		<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	$f'$		<b>0,70%</b>
%, interessi debito	$k_D$		<b>3,82%</b>
%, interessi equity	$k_E$		<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	<b>IRES</b>		<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>		<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	$\tau$		<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	$n_D$		<b>6</b>
Anni Equity	$n_E$		<b>14</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€	<b>48.093</b>
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>		<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€	1.443
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€	<b>49.536</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>		<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>		<b>20,00%</b>
Debito	$I_D$	€	39.629
Equity	$I_E$	€	9.907
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>		<b>5,35</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	7.401
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	44.403
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€	4.774

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	17.004
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	12.031
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>29.035</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>32,6%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>10,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>1,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>5.241</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	290
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	44.582
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	8.072
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>86,62%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	3.065
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	341
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	1.545
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	11.243
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	12.551
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	23.794
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	4.951
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>28.745</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	8.673
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	19.237
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.15 – 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>5,58</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>6,22</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>28.946</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>15,04%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>60,19%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>2,94</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>3,49</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>19.316</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>40,95%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,249</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>		<b>2,499</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		<b>40,16%</b>

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

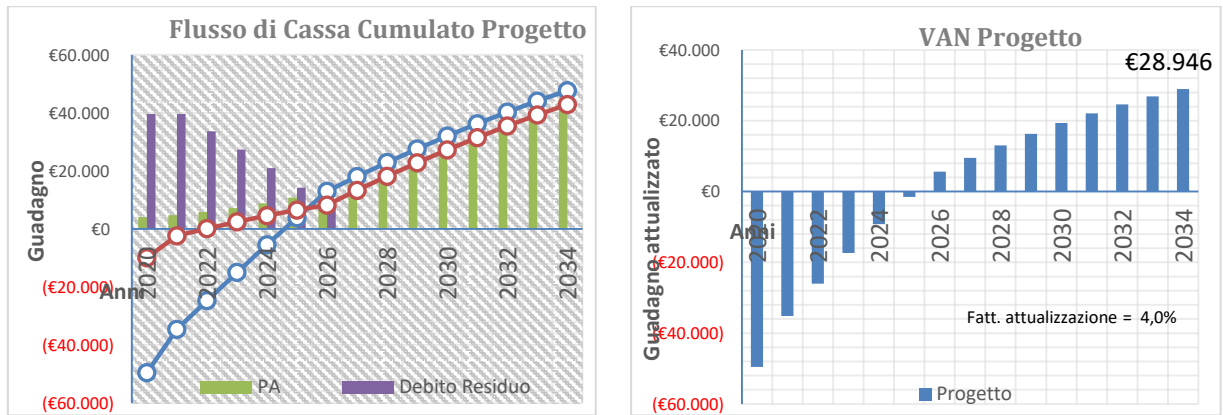
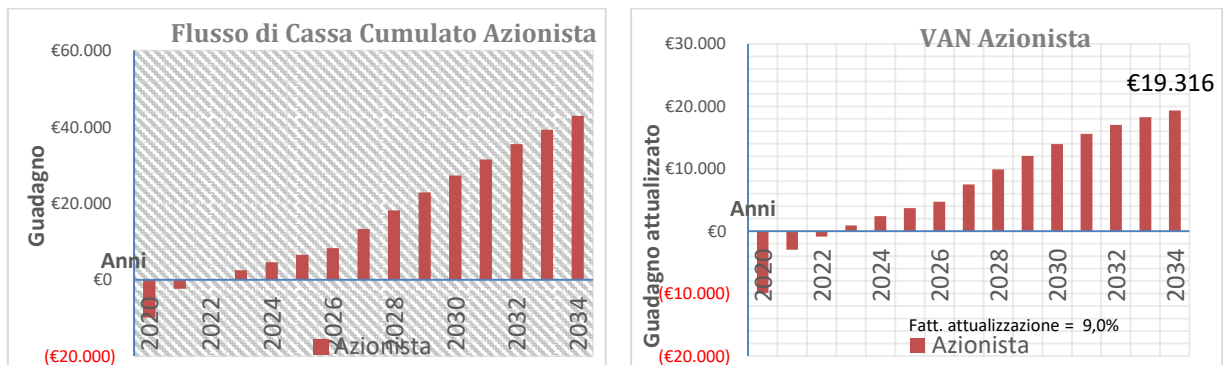
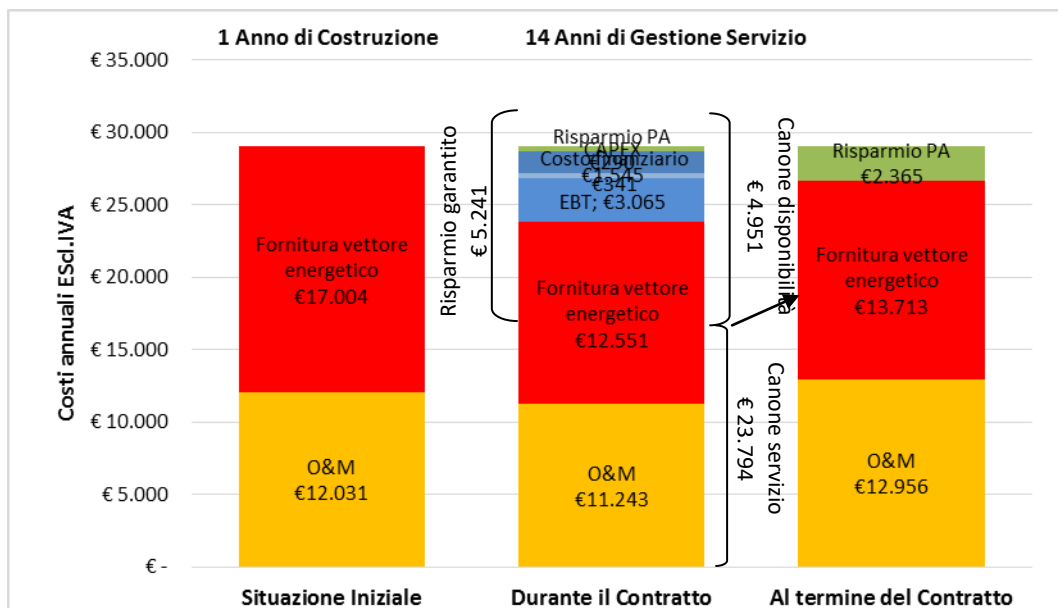


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E GENERATORE DI CALORE

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

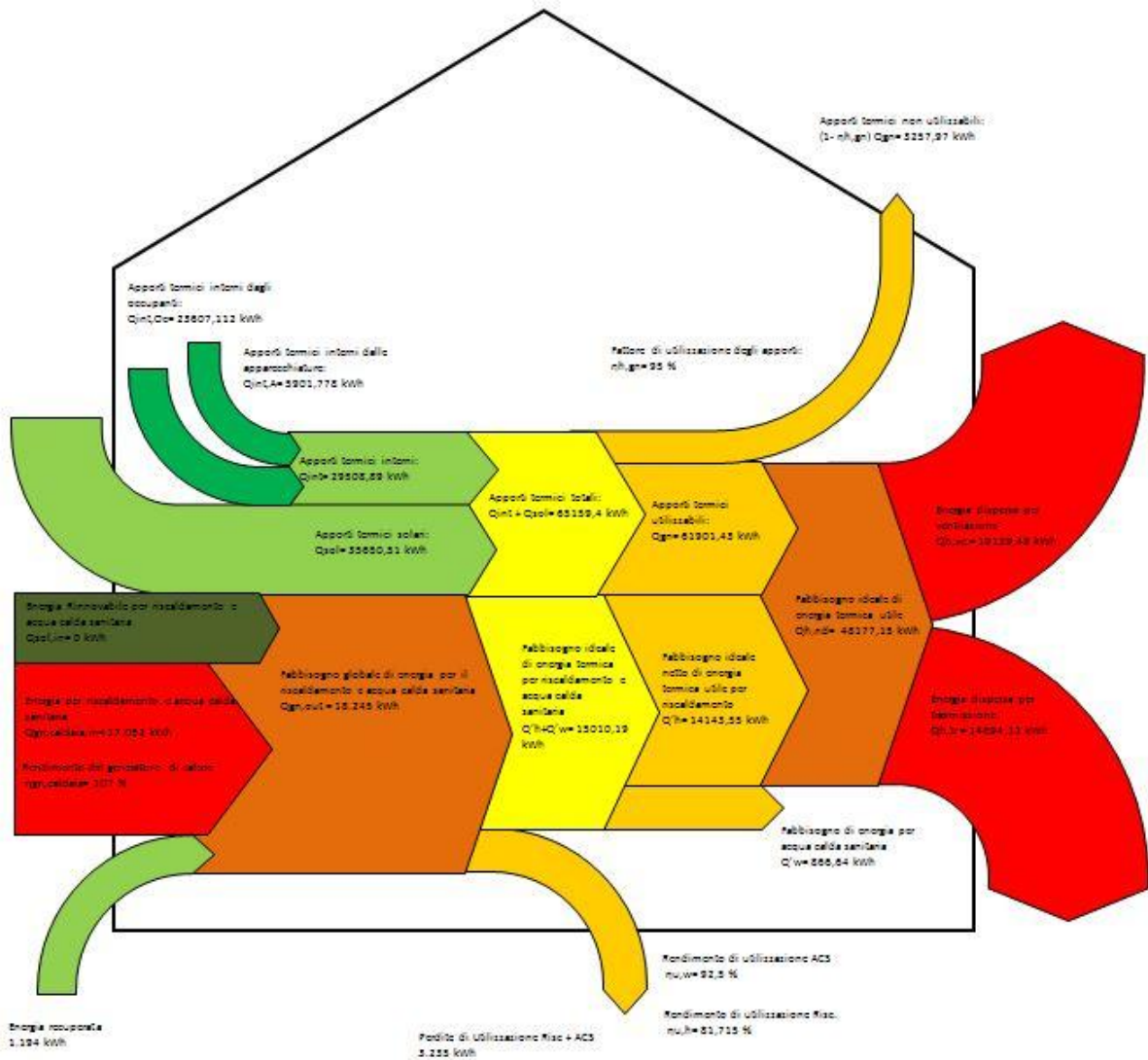
Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	13.662,00 €	3.005,64 €	16.667,64 €
EEM2 Fornitura & Posa	122.859,45 €	27.029,08 €	149.888,53 €
EEM3 Fornitura & Posa	29.810,24 €	6.558,25 €	36.368,49 €
EEM4 Fornitura & Posa	6.026,91 €	1.325,92 €	7.352,83 €
Costi per la sicurezza	5.170,76 €	1.137,57 €	6.308,32 €
Costi per la progettazione	12.065,10 €	2.654,32 €	14.719,42 €
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>189.594,46 €</b>	<b>41.710,78 €</b>	<b>231.305,24 €</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	13.078,39 €	3.476,54 €	16.554,93 €
EEM2 O&M	13.078,39 €	3.476,54 €	16.554,93 €
EEM3 O&M	11.770,55 €	3.128,88 €	14.899,44 €
EEM4 O&M	16.554,93 €	36.390,56 €	52.945,49 €
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>11.770,55 €</b>	<b>3.128,88 €</b>	<b>14.899,44 €</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	115.652,62	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		23.130,52	€/Anno

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

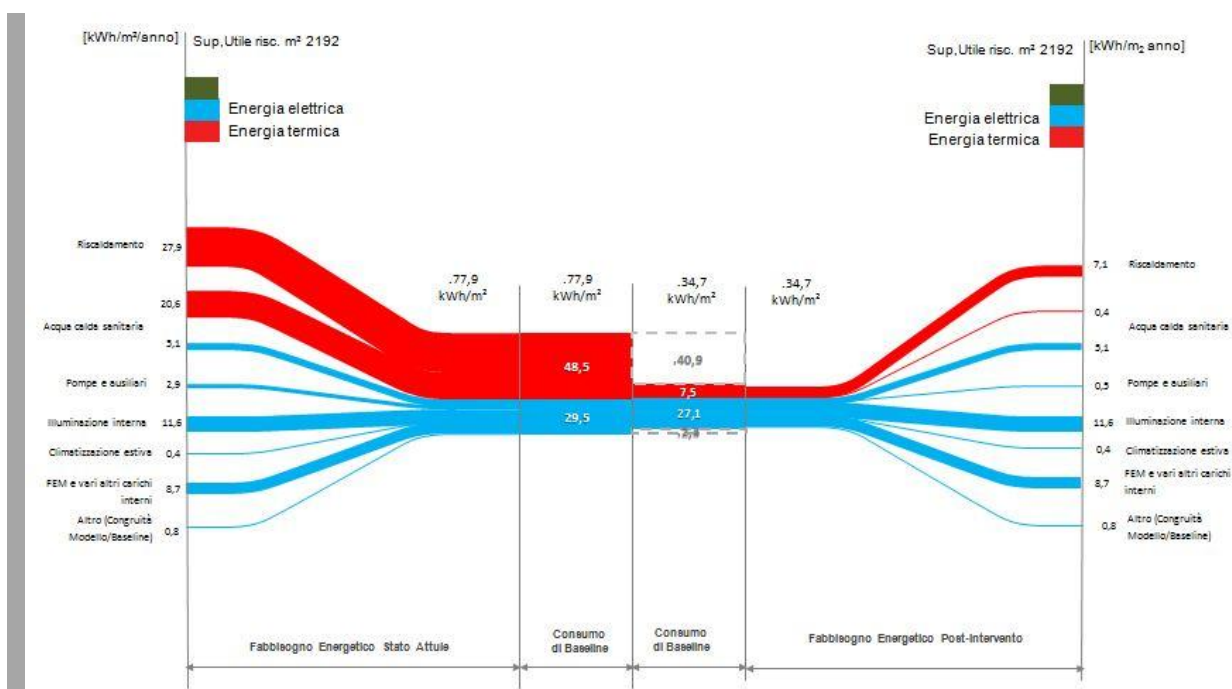


Figura 9.15– SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



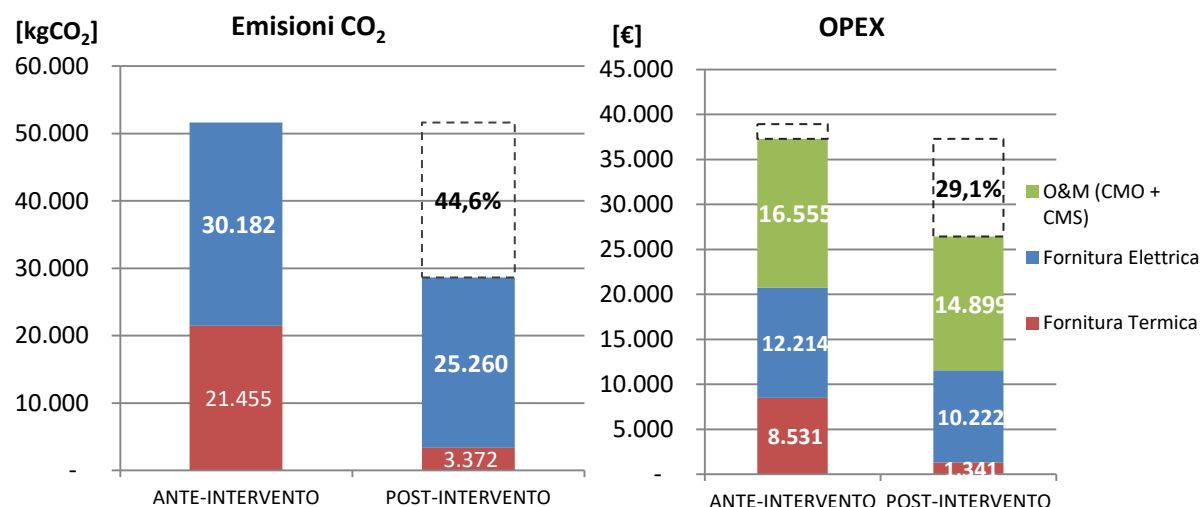
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U. M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,159	0,203	<b>82,5%</b>
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	5,7	1,728	<b>69,7%</b>
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	87	107	<b>18,7%</b>
EEM4 - Potenza installata	[W]	980	450	<b>54,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	108.497	17.052	<b>84,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	62.926	52.665	<b>16,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	106.215	16.693	<b>84,3%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	64.629	54.090	<b>16,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	3.372	<b>84,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	25.260	<b>16,3%</b>
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>28.632</b>	<b>44,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.531	1.341	<b>84,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.214	10.222	<b>16,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>20.745</b>	<b>11.563</b>	<b>44,3%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, C <sub>MO</sub>	[€]	13.078	11.771	<b>10,0%</b>
Costo Manutenzione Straordinaria, C <sub>MS</sub>	[€]	3.477	3.129	<b>10,0%</b>
Costo per O&M (C <sub>M</sub> = C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.555</b>	<b>14.899</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>37.300</b>	<b>26.462</b>	<b>29,1%</b>
Classe energetica	[-]	F	C	+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 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

elettrico.

Figura 9.17 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2 – INVOLUCRO E GENERATORE DI CALORE

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	24
Anni Concessione	$n$	25
Anno inizio Concessione	$n_o$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	17
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 231.305
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 6.939
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 238.244
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 190.596
Equity	$I_E$	€ 47.649

Fattore di annualità Debito	$FA_D$		<b>12,49</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	15.257
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	259.376
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	68.780

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	17.004
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	12.031
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>29.035</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>44,3%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>10,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>0,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>6.467</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	-
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	110.505
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	11.781
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>2,33%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	231
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	2.866
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	3.370
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	11.531
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	11.037
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	22.568
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	6.467
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>29.035</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	41.711
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	115.653
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.20 – 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>11,45</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>22,30</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>4.804</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>4,36%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>2,08%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>15,13</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>3,15</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>12.620</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>36,68%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,058</b>

Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,674
Indice di Profitto Azionista	IP	5,46%

Figura 9.18 – SCN2: Flussi di cassa del progetto

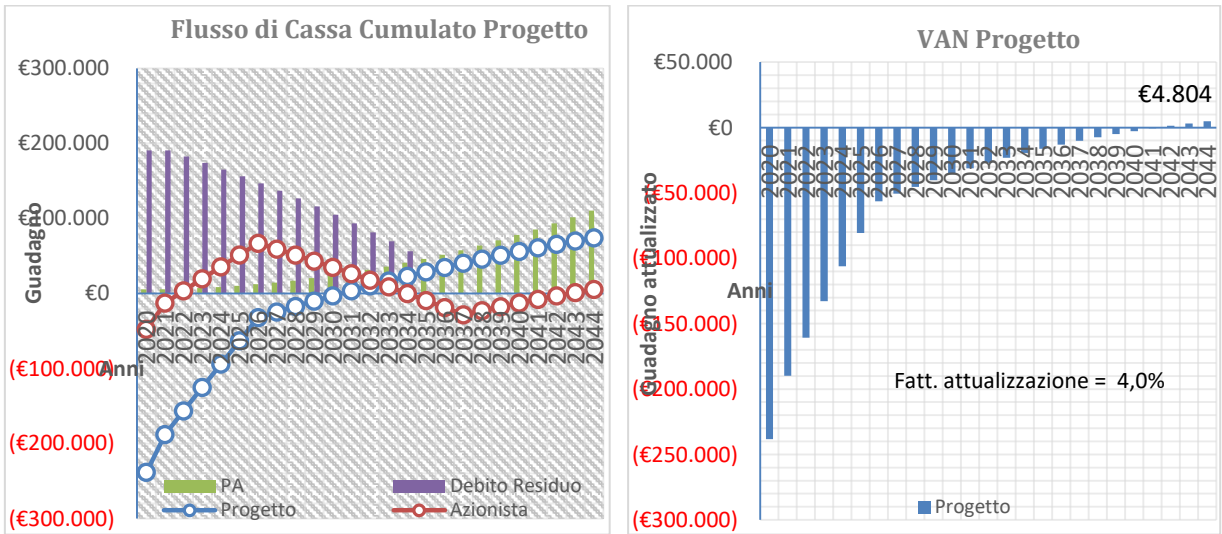
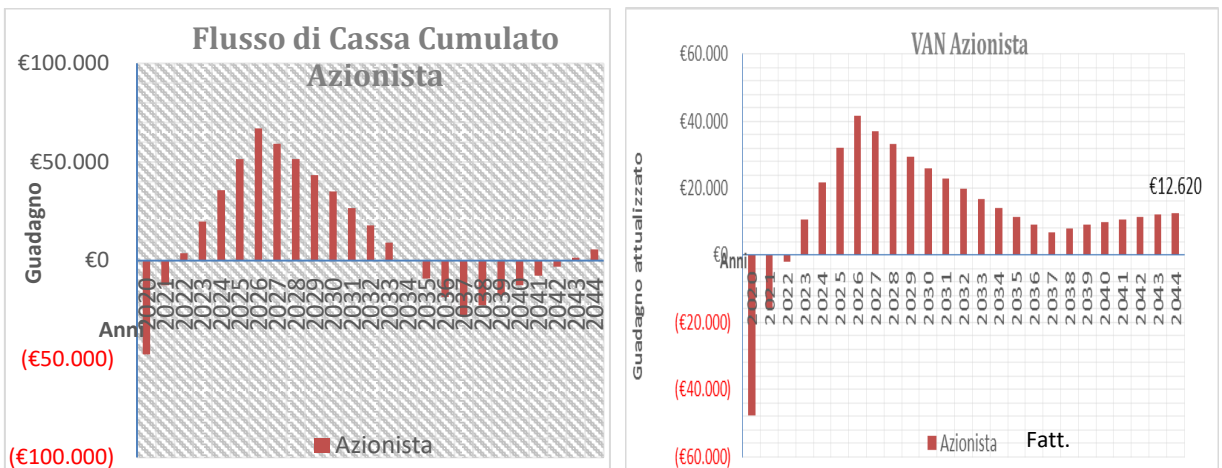
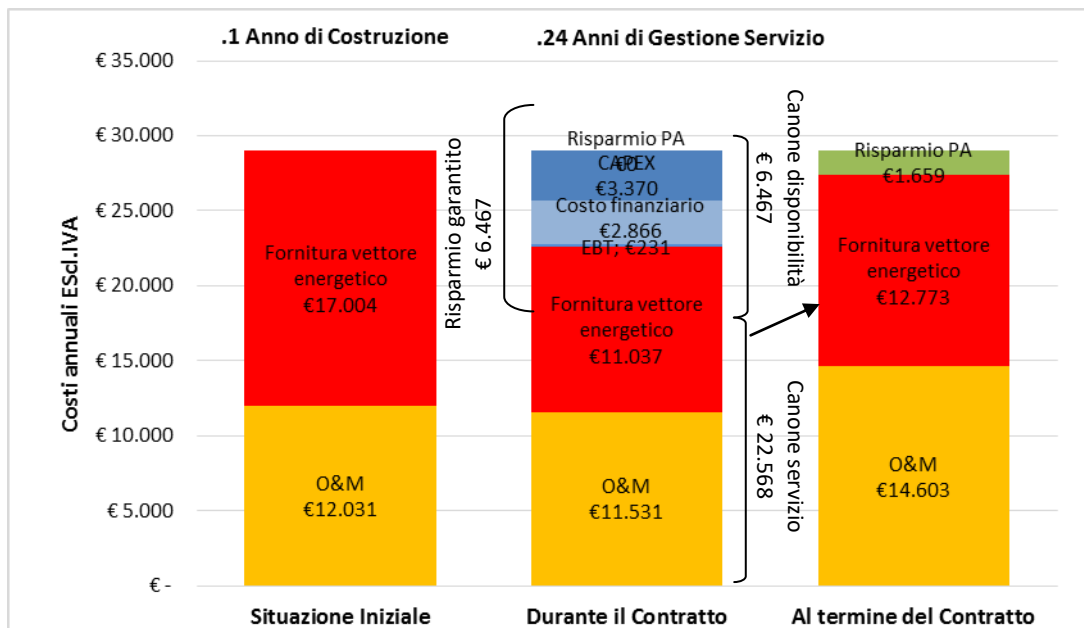


Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

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

Sono stati individuati i seguenti scenari, che forniscono i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella installazione di tre generatori di calore a condensazione e l'installazione di tre circolatori a giri variabili.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione Dell'isolamento della copertura del fabbricato, della sostituzione degli infissi e nell'installazione di un generatore di calore a condensazione.

#### Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	87	107	18,7%
EEM4 - Potenza installata	[W]	980	450	54,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	108.497	35.397	67,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	62.926	57.677	8,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	106.215	34.653	67,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	64.629	59.238	8,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	7.000	67,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	27.664	8,3%
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>34.664</b>	<b>32,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	8.531	2.783	67,4%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	12.214	11.195	8,3%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>20.745</b>	<b>13.978</b>	<b>32,6%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, $C_{MO}$	[€]	13.078	11.771	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, $C_{MS}$	[€]	3.477	3.129	10,0%
Costo per O&M ( $C_M = C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	16.555	14.899	10,0%
OPEX	[€]	37.300	28.878	22,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

#### Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m <sup>2</sup> K]	1,159	0,203	82,5%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m <sup>2</sup> K]	5,7	1,728	69,7%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	87	107	18,7%
EEM4 - Potenza installata	[W]	980	450	54,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	108.497	17.052	84,3%



EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	62.926	52.665	<b>16,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	106.215	16.693	<b>84,3%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	64.629	54.090	<b>16,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.455	3.372	<b>84,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	30.182	25.260	<b>16,3%</b>
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>51.637</b>	<b>28.632</b>	<b>44,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.531	1.341	<b>84,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.214	10.222	<b>16,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>20.745</b>	<b>11.563</b>	<b>44,3%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, C <sub>MO</sub>	[€]	13.078	11.771	<b>10,0%</b>
Costo Manutenzione Straordinaria, C <sub>MS</sub>	[€]	3.477	3.129	<b>10,0%</b>
Costo per O&M (C <sub>M</sub> = C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.555</b>	<b>14.899</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>37.300</b>	<b>26.462</b>	<b>29,1%</b>
Classe energetica	[-]	F	C	+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 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

#### Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub> [%]	%Δ <sub>CO2</sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	32,9	32,9	6.766	1.308	348	48.093	2,94	3,94	-	19.316	40,95	40,16	1,249	2,499
SCN 2	44,6	44,6	9.182	1.308	348	231.305	15,13	3,15	--	12.620	36,68	5,46	1,058	0,674

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di tre classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla F alla C**, attraverso lo scenario numero 2 e secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell'impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'involucro mediante l'isolamento della copertura, la sostituzione degli infissi e dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore compresa l'installazione di circolatori a giri variabili. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO<sub>2</sub> equivalente si stima **una riduzione complessiva di 23.005 kg CO<sub>2</sub>**.

**In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare 120.849 kWh.**

**ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA**

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1136_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

**ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI**

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5-E1136_rev D_ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5-E1136_rev D_ALLEGATO B_Planimetria posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5-E1136_rev D_ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto. n5-E1136_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1136_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1136_rev D_ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1136_rev10.xls

**ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA**

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO C_Report termografico

**ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA**

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO D_Report endoscopico

**ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI**

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO E_Relazione calcolo

**ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE**

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev A_ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

**ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA**

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	26/05/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev C_ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	26/05/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev C_ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	26/05/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev C_ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	26/05/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev C_ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML)con firma digitale	26/05/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML.P7M

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO H_APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO H_APE scenario 2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO I_Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO J_schede di audit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO K_schede ORE

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO L_PEF

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D_ALLEGATO M_Report di Benchmark

## ALLEGATO N – CD-ROM