

# ISTITUTO COMPRENSIVO "SAN TEODORO"

Scuola materna statale "Emanuela Loi"

Scuola elementare "Chiabrera"

Scuola media "San Teodoro"

**E1577**

Via A. Garbarino 1, 16126 Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



INGEGNERIA QUALITÀ SERVIZI

# **ISTITUTO COMPRENSIVO “SAN TEODORO”**

**Scuola materna statale “Emanuela Loi”**

**Scuola elementare “Chiabrera”**

**Scuola media “San Teodoro”**

**E1577**

**Via A. Garbarino 1, 16126 Genova**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA**

**FONDO KYOTO - SCUOLA 3**

**Aprile 2018**

**COMUNE DI GENOVA**

**STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**

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

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

Tel 0105573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

I.Q.S. Ingegneria, Qualità e Servizi S.r.l.

Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero (MI)

T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) ; F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) ; [info@iqssrl.eu](mailto:info@iqssrl.eu) ; <http://www.iqssrl.eu>

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

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

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

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



## INDICE

## PAGINA

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA SEGUENTE TABELLA.....</b>	<b>22</b>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	25
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>26</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	34
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>38</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>44</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	44

7.1.2	Vettore elettrico.....	47
7.2	TARIFE 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.....	51
<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> .....	61
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	66
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....	66
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	66
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	69
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>70</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	70
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	78
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	89
9.3.1	<i>Scenario 1 - SCN1: EEM1 + EEM8</i> .....	92
9.3.2	<i>Scenario 2 - SCN1: EEM1 + EEM6 + EEM7 + EE8</i> .....	98
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>104</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	104
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	104
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	104
	<b>ALLEGATO A –ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA .....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>	<b>5</b>
	<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>	<b>6</b>
	<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>	<b>7</b>
	<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>	<b>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Il presente *executive summary* contiene il riassunto dei principali risultati ottenuti dall'analisi, con riferimento agli interventi fattibili ed all'individuazione dello scenario ottimale, con indicazione degli indicatori finanziari ottenuti; tali aspetti saranno descritti nei capitoli 8 e 9.

La sintesi contenuta nel presente paragrafo contiene:

1. Consumi attuali e indicatori di performance allo stato di fatto;
2. Principali interventi migliorativi individuati;
3. Tabella riassuntiva scenari ottimali per ESCO: baseline, scenari interventi, investimento e indicatori economici e di sostenibilità finanziaria

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1873
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	4.288
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	8.904
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	28.557
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	4.832
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.037
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	5.869
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizione a gas per la sola climatizzazione invernale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	581
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici per la sola produzione di ACS
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	75,86
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	266.017
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	20.671
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	51.975
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.732

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Relamping
- EEM 2: Sostituzione delle chiusure trasparenti (serramenti)
- EEM 3: Sostituzione del generatore di calore tradizionale con Pompa di Calore
- EEM 4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali ed inclinate (copertura)
- EEM 5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)
- EEM 6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura piana)
- EEM 7: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure inclinate (copertura)
- EEM 8: Sostituzione del generatore di calore tradizionale con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche
- SCN 1: EEM1 + EEM8

▪ SCN 2: EEM1 + EEM6 + EEM7 + EEM8

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

CON INCENTIVI														
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	9%	8%	2.893			8.815	3,20	3,51	8	7.295	24%	0,83		
EEM 2	24%	26%	7.685			319.366	>30	>30	30	<0	-1%	-0,47		
EEM 3	50%	54%	2.545	2.055	2.185	120.272	3,28	3,61	15	150.534	24%	1,25		
EEM 4	24%	25%	7.385			584.914	>30	>30	30	<0	-2,19%	-0,39		
EEM 5	8%	9%	2.561			524.019	>30	>30	30	<0	-6%	-0,51		
EEM 6	6%	6%	1.915			24.619	6,88	9,60	30	18.545	11%	0,75		
EEM 7	10%	10%	3.023			9.937	2,60	2,82	30	43.959	35%	4,42		
EEM 8	25%	26%	7.860	2.055	2.185	44.119	2,79	3,19	15	89.592	31%	2,03		
SCN 1	34%	33%	10.752	2.055	2.185	52.934	2,22	2,57	-	40.344	58%	0,76	1,26	3,74
SCN 2	42%	43%	13.223	2.055	2.185	85.230	5,45	6,19	-	57.031	37%	0,67	1,1	4,23

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l’involucro, sia l’impianto.  
 Gli interventi sull’involucro sono caratterizzati da tempi di ritorno decisamente maggiori rispetto a quelli legati al miglioramento impiantistico, pertanto non vengono considerati prioritari dal punto di vista del rispetto del capitolato, che prevede sia un salto di due classi energetiche (valutate come nell’APE), sia tempi di ritorno ridotti.  
 Tuttavia intervenire sull’involucro è, ragionevolmente parlando, comunque prioritario nell’ottica di intervenire per ottenere un edificio che riduca i propri consumi ed aumenti il comfort degli studenti e del personale scolastico, obiettivo che non può essere certamente raggiunto tramite la sola riqualificazione degli impianti termici, in particolare dei sottosistemi di generazione e di regolazione. Ciò è dovuto alla natura della normativa che si occupa di valutare le classi energetiche nella produzione di un APE: la procedura di calcolo entrata in vigore a livello nazionale con i DM 26 giugno 2015 e poi recepita a livello regionale nel dicembre 2016, è fortemente correlata alla tipologia impiantistica ed al vettore energetico, piuttosto che ad una reale riduzione dei consumi.

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista di una porzione della facciata Nord-Ovest



## 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU<sup>1</sup> - sezione GEC - Fg. 15 - Mapp. 331, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere di San Teodoro.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola materna, scuola primaria (elementare), scuola secondaria di primo grado (medie).

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

<sup>1</sup> Registrato a catasto con indirizzo errato.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1873
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	4.288
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	8.904
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	28.577
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	4.832
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.037
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	5.869
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizione a gas per la sola climatizzazione invernale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	581
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici per la sola produzione di ACS
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	75,86
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	266.017
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	20.671
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	51.975
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.732

Nota (1): Valori di Baseline

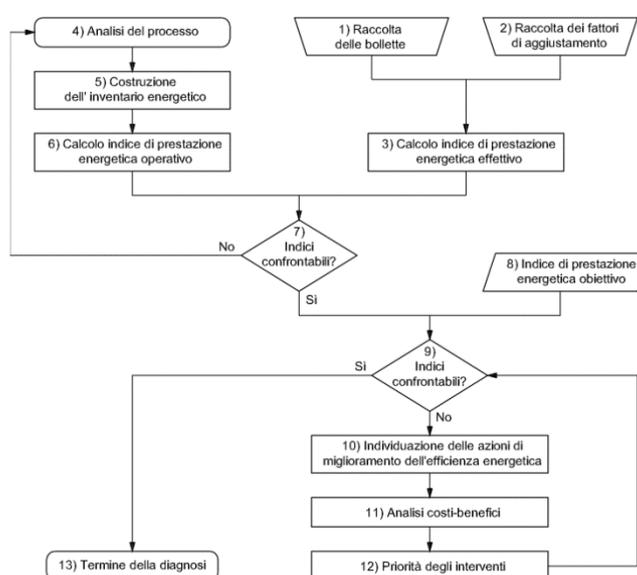
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elaborati
- 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, 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, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;

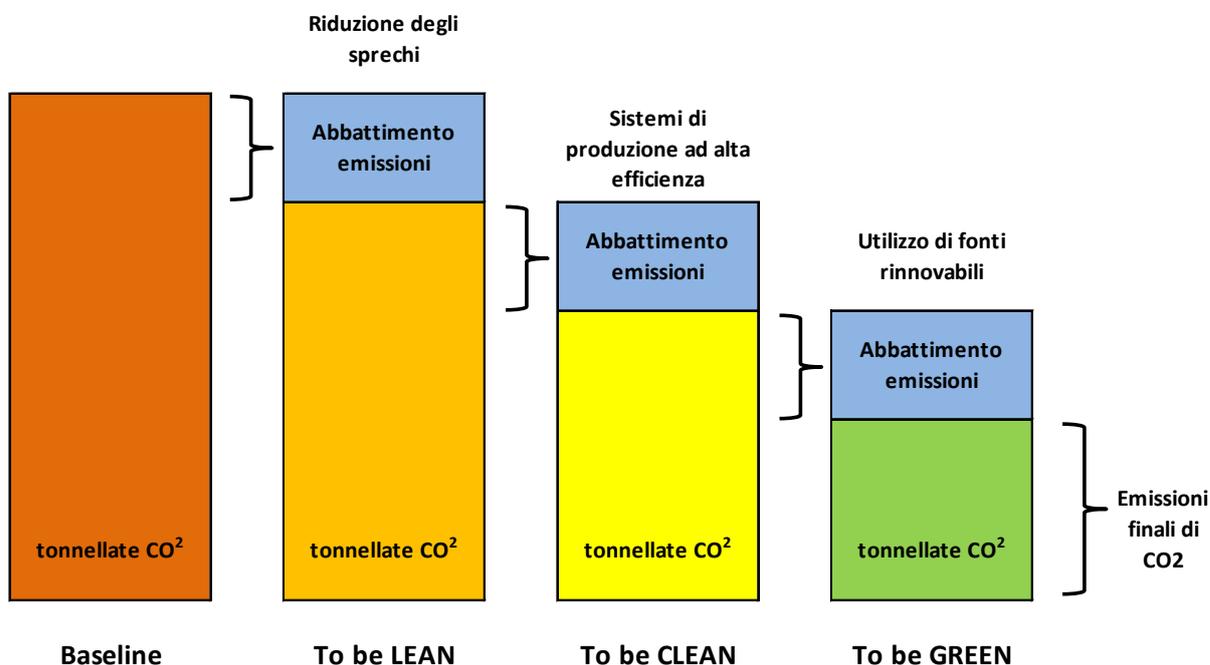
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali ( $GG_{real}$ ), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di  $CO_2$ ) 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 inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

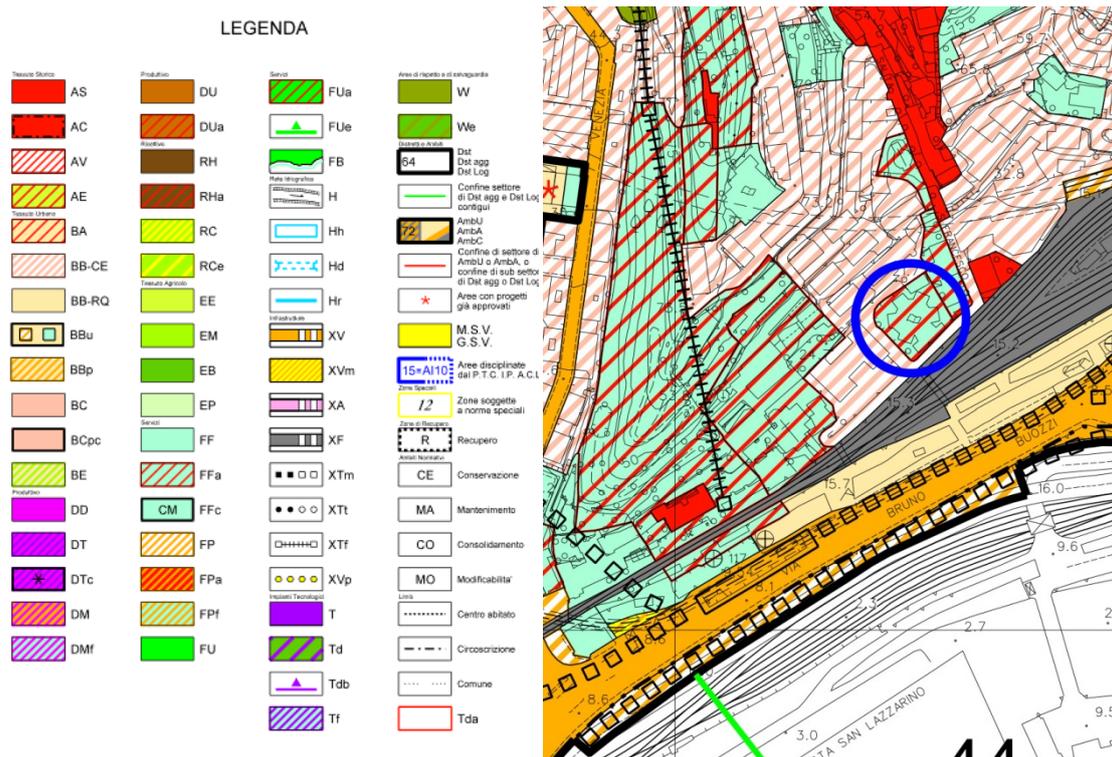
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

Figura 2.1 - Estratto dal Piano Urbanistico Comunale (fuori scala)



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

L'edificio scolastico risale al 1873 e, ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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

L'edificio scolastico è frequentato da 136 alunni per quanto riguarda la scuola materna, 90 alunni per quanto concerne la scuola elementare ed è composta da 3 classi, dalla prima alla terza, per un'unica sezione (sez. “G”) relativamente alla scuola media (anno 2017/2018); il personale si misura invece in 13 unità. Vista l'ampiezza del plesso scolastico si può affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio porterebbe ad una maggiore interesse sociale nell'edificio, oltre ad una valorizzazione di tipo economico. Le operazioni di ristrutturazione rappresenterebbero inoltre un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule didattiche, i laboratori e gli ambienti di servizio.

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

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

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

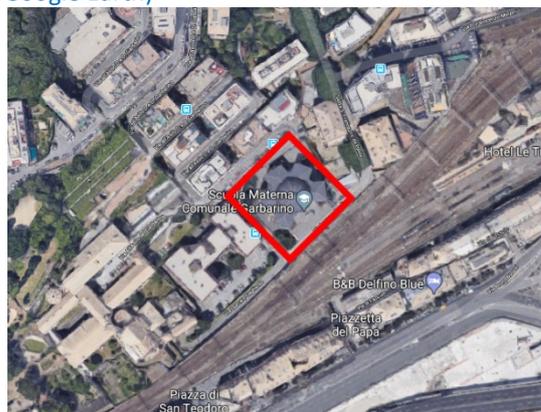


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Terra	SCUOLA DELL’INFANZIA (MATERNA) Aule, servizi igienici, palestra	[m <sup>2</sup> ]	1.208	1.105	0
Primo	SCUOLA PRIMARIA (ELEMENTARE) Aule, servizi igienici	[m <sup>2</sup> ]	1.208	944	0
Secondo	SCUOLA PRIMARIA (ELEMENTARE) Aule, servizi igienici, palestra, sala medica	[m <sup>2</sup> ]	1.208	950	0
Terzo	SCUOLA SECONDARIA I GRADO (MEDIE) Aule, servizi igienici,	[m <sup>2</sup> ]	1.208	1.289	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>4.832</b>	<b>4.288</b>	<b>0</b>

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

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

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

Dal punto di vista storico, è uno dei sei antichi quartieri in cui era divisa la città di Genova. Era il sestiere più occidentale ed era anche quello che occupava la maggiore superficie, sebbene fosse il meno popoloso, a causa della sua ubicazione decentrata ed in ambito collinare. Il quartiere è compreso tra i quartieri di Sampierdarena ad ovest, Rivarolo a nord-ovest, Lagaccio e Prè a est. Verso sud il quartiere è affacciato sull’area portuale compresa tra la Stazione Marittima e la Lanterna, dedicata principalmente al traffico passeggeri.

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal Geoportale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>), l’edificio che ospita la scuola non risulta vincolato, anche se prossimo ad un’area verde individuata come vincolata come “Bellezze singole”, prossimo alle “Bellezze di insieme” che riguardano tutto il fronte non edificato di crinale. Si individua inoltre la scuola come edificio di “interesse culturale non verificato”.

Riferendosi inoltre anche al sito internet “Vincoli in Rete” a cura del Ministero dei Beni Culturali (<http://vincolinretegeo.beniculturali.it/vir/vir/vir.html>), si hanno gli stessi riscontri in particolare in merito all’individuazione della scuola come edificio di “interesse culturale non verificato”. Tale segnalazione di interesse, accompagnata alle valenze paesaggistiche dell’intorno, dovrà eventualmente portare, previa verifica, alla redazione degli adeguati elaborati di autorizzazione paesaggistica per tutti gli interventi che riguardino l’aspetto esteriore del fabbricato. Comunque,

nessun intervento è precluso ed in ogni caso gli scenari di intervento e le singole EEM non prevedono di alterare i caratteri tipologici e morfologici del fabbricato.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, interferenze riportate nella seguente tabella 2.2.

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

Figura 2.3a - Estratto carta dei vincoli (fuori scala) dal sito Geoportale Regione Liguria

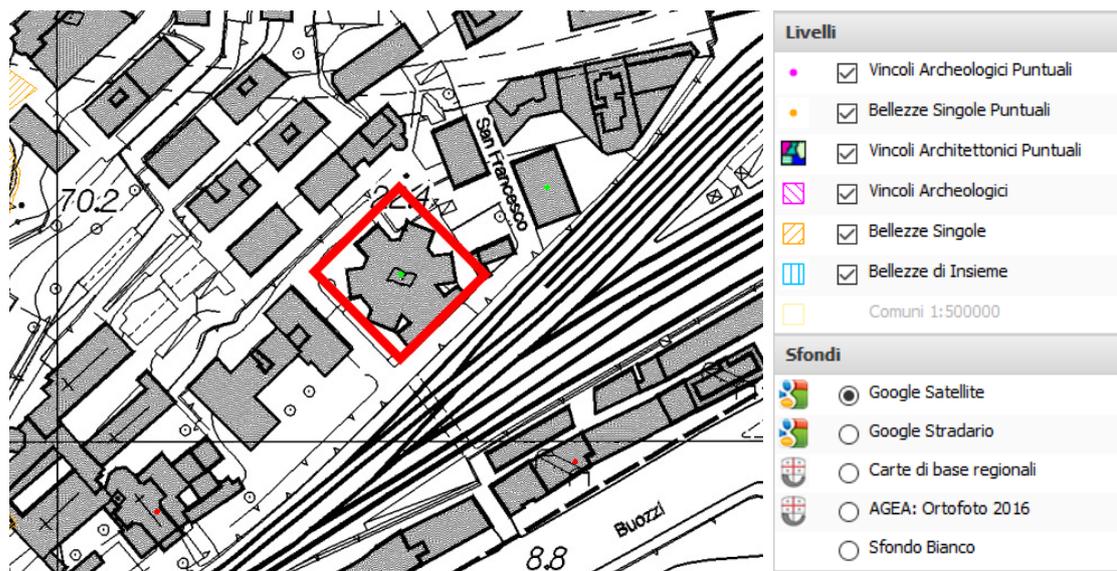


Figura 2.3 b - Estratto carta dei vincoli (fuori scala) dal sito Vincoli in Rete



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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(1)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: relamping	-		-
EEM 2: Sostituzione delle chiusure trasparenti (Serramenti)	Edificio di interesse culturale non verificato		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 3: Sostituzione del generatore di calore tradizione con Pompa di Calore	-		-
EEM 4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali ed inclinate (copertura)	Edificio di interesse culturale non verificato		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)	Edificio di interesse culturale non verificato		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)	Edificio di interesse culturale non verificato		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 7: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure inclinate (copertura)	Edificio di interesse culturale non verificato		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica

Nota (1): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

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

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, il quale si presenta essere un Istituto Comprensivo (IC); pertanto gli orari di funzionamento, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico, variano sulla base del grado scolastico; mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal personale scolastico presente durante il sopralluogo (7:00-16:30); si è potuto identificare un unico orario di funzionamento dell'impianto termico, in quanto l'impianto è unico per tutto l'edificio.

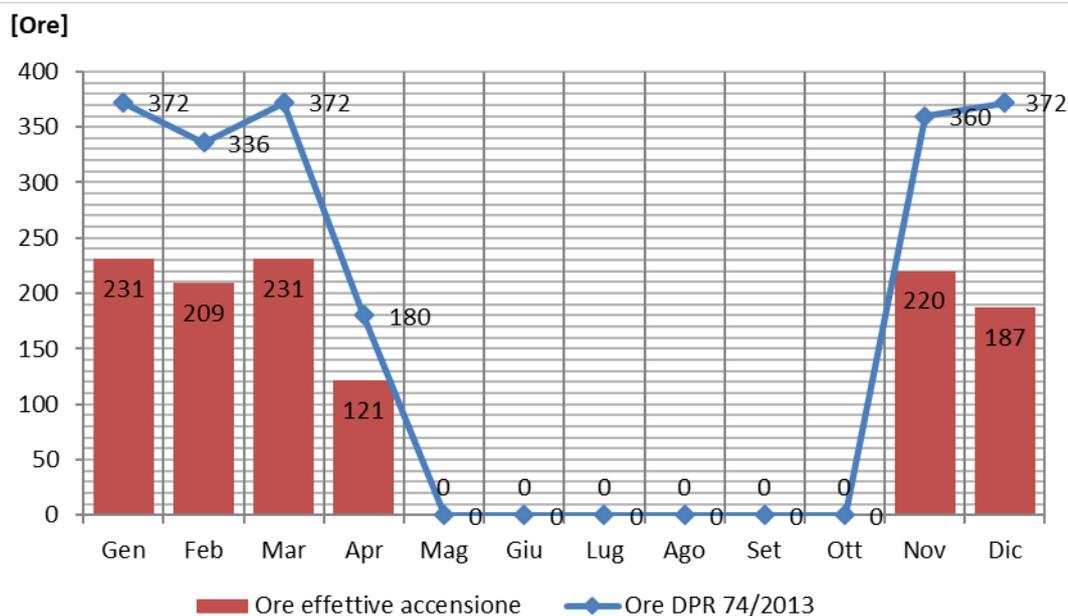
Durante il sopralluogo il personale non era a conoscenza tuttavia delle temperature di settaggio del riscaldamento. Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento dell'impianto termico.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
<b>SCUOLA MATERNA “WALT DISNEY”</b>			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	08:00 – 16:30	7:00-18:00
<b>SCUOLA PRIMARIA “SAN BARTOLOMEO DEL FOSSATO”</b>			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	08:00 – 16:30	7:00-18:00
<b>SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO “NICOLÒ BARABINO”</b>			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	08:00 – 14:00	7:00-18:00

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura; risulterebbe pertanto un buon intervento ridefinire i momenti di accensione e spegnimento e magari in sede di sostituzione del generatore di calore effettuare una simulazione in dinamica oraria per studiare la migliore combinazione di regolazione temporale del riscaldamento, temperature impostate ed impianto.

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

Le medie mensili delle temperature esterne medie giornaliere caratteristiche del Comune, così come definite dalla norma UNI 10349:2016, sono riportate nella Tabella 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 929 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>rif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 9.

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

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	201,60	21	21		22%
Febbraio	28	10,5	28	180,50	19	19		19%
Marzo	31	11,1	31	186,90	21	21		20%
Aprile	30	15,3	15	55,74	20	11		6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0		-
Giugno	30	22,4	-	-	20	0		-
Luglio	31	24,6	-	-	20	0		-
Agosto	31	23,6	-	-	0	0		-
Settembre	30	22,2	-	-	20	0		-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0		-
Novembre	30	13,3	30	134,00	20	20		14%
Dicembre	31	10,0	31	170,00	17	17		18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>928,741</b>	<b>220</b>	<b>109</b>		<b>100%</b>

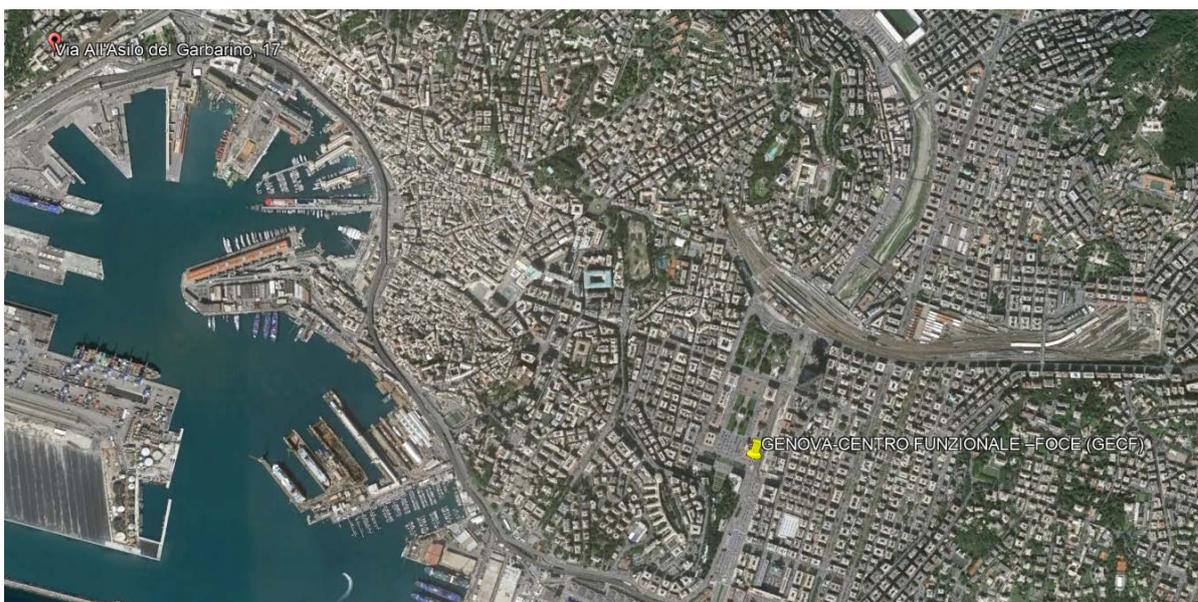
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-CENTRO FUNZIONALE –FOCE (GECF)

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

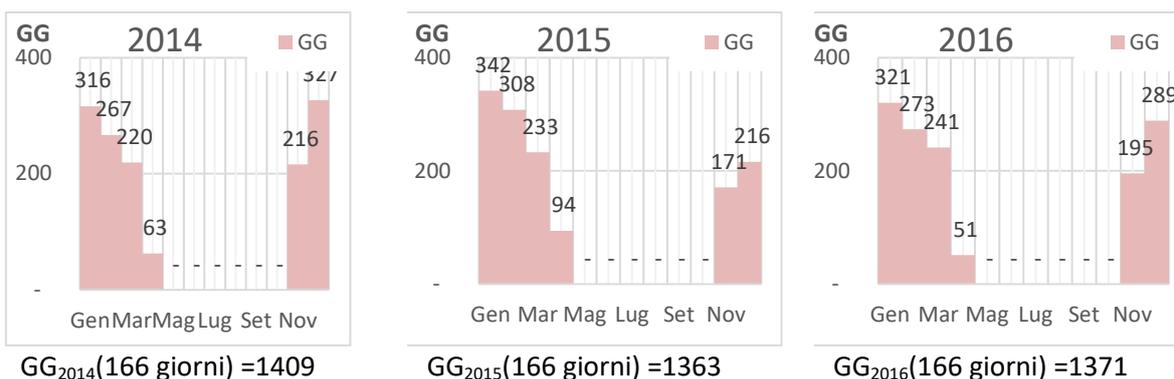
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GGreali per il triennio di riferimento

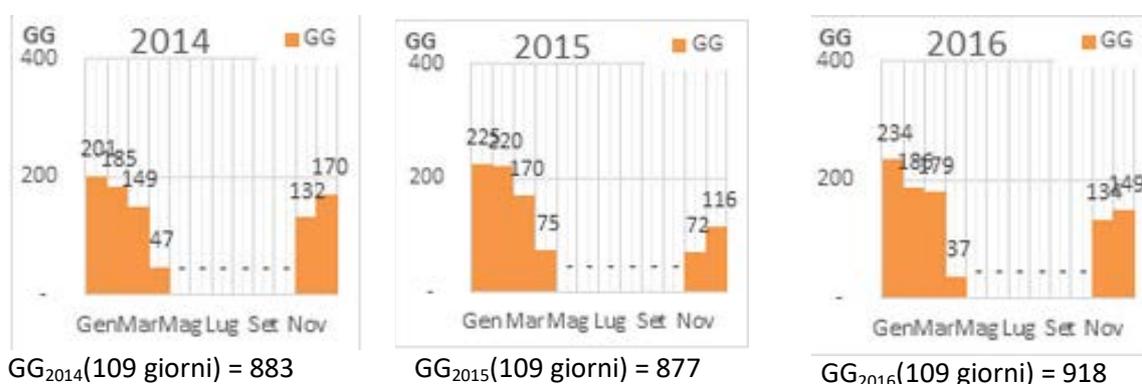


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i  $GG_{real}$  ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 9.

Figura 3.3 - Andamento mensile dei  $GG_{real}$ , valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



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

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una struttura in muratura portante.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una tipologia muraria predominante presumibilmente composta da laterizio pieno o tutt'al più alcune pareti a cassa vuota/a sacco.

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

Questa soluzione realizzativa incide sul comportamento termico dell'edificio in quanto le componenti opache non risultano essere particolarmente performanti, poiché prive di isolamento.

Analoghe considerazioni possono essere affrontate in relazione alle chiusure trasparenti, le quali si presentano come ormai datate ed in stato di conservazione sufficiente.

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

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

Figura 4.1 - Particolare di una porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare della copertura, ripresa attraverso una griglia metallica



La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.3 –Rilevamento termografico della parete ovest (immagine termografica – immagine visibile)



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio	P1	44,5	Assente	1,98	Sufficiente
Solaio	P2	38,5	Assente	1,98	Sufficiente
Solaio ra	P3	20	Assente	1,97	Sufficiente
Copertura	C1	13,5	Assente	1,23	Sufficiente
Copertura	C2	37	Assente	1,49	Sufficiente
Solaio	S1	1,5	Assente	3,68	Sufficiente
Solaio	S2	36	Assente	1,5	Sufficiente
Solaio	S3	36	Assente	1,5	Sufficiente
Parete verticale e	M1	65	Assente	0,39	Sufficiente
Parete verticale di spessore minore	M2	15	Assente	1,22	Sufficiente
Parete verticale e	M3	20	Assente	1,22	Sufficiente
Parete verticale e	M4	30	Assente	0,97	Sufficiente
Parete verticale e	M5	35	Assente	0,79	Sufficiente
Parete verticale e	M6	40	Assente	0,67	Sufficiente
Parete verticale e	M7	60	Assente	0,51	Sufficiente
Parete verticale e	M8	70	Assente	0,51	Sufficiente
Parete verticale e	M9	75	Assente	0,41	Sufficiente
Parete verticale e	M10	80	Assente	0,4	Sufficiente
Parete verticale e	M11	10	Assente	1,98	Sufficiente
Parete verticale e	M12	15	Assente	1,34	Sufficiente
Parete verticale e	M13	170	Assente	0,38	Sufficiente
Parete verticale e	M14	20	Assente	1,87	Sufficiente
Parete verticale e	M15	30	Assente	1,49	Sufficiente
Parete verticale e	M16	40	Assente	1,23	Sufficiente
Parete verticale e	M17	45	Assente	1,13	Sufficiente

Parete verticale e	M18	50	Assente	1,05	Sufficiente
Parete verticale e	M19	70	Assente	0,81	Sufficiente
Parete verticale e	M20	80	Assente	0,73	Sufficiente
Parete verticale e	M21	70	Assente	0,512	Sufficiente

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti in legno con vetro semplice, fatta eccezione per la cupola centrale, che ha telaio metallico e vetro semplice.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente, si rilevano infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando dispersioni termiche e creando condizioni di discomfort termico per gli utenti.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti - Legno vetro semplice



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

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.5 –Rilievo termografico dei serramenti - esempio



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2, i quali scollano tra un valore massimo e minimo

riportati in tabella e calcolati con la norma 10077-1:2007 e la norma UNI TS 11300-1:2014 norma UNI.

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	F1	80x200	Legno	Vetro semplice	4,86	Scarso
Serramento	F2	130x200	Legno	Vetro semplice	5,09	Scarso
Serramento	F3	130x240	Legno	Vetro semplice	5,13	Scarso
Serramento	F4	144x205	Legno	Vetro semplice	5,14	Scarso
Serramento	F5	130x300	Legno	Vetro semplice	5,03	Scarso
Serramento	F6	60x150	Legno	Vetro semplice	4,61	Scarso
Serramento	F7	195x500	Legno	Vetro semplice	5,36	Scarso
Serramento	F8	100x200	Legno	Vetro semplice	4,99	Scarso
Serramento	F9	160x310	Legno	Vetro semplice	5,25	Scarso
Serramento	F10	260x180	Legno	Vetro semplice	5,25	Scarso
Serramento	F11	87x60	Legno	Vetro semplice	4,42	Scarso
Serramento	F12	160x310	Legno	Vetro semplice	5,25	Scarso
Serramento	F13	175x375	Legno	Vetro semplice	5,3	Scarso
Serramento	F14	100x200	Metallo	Vetro semplice	5,77	Scarso
Serramento	F15	Ø150	Metallo	Vetro semplice	5,31	Scarso

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

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

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

#### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 – Particolari del sottosistema di emissione: un radiatore posto all’interno di un ufficio



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
Intero edificio	termosifoni	94%

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 COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	30	99,88	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	29	86,08	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	28	84,71	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	27	95,28	0,00
<b>TOTALE</b>		<b>114</b>	<b>365,95</b>	<b>0,00</b>

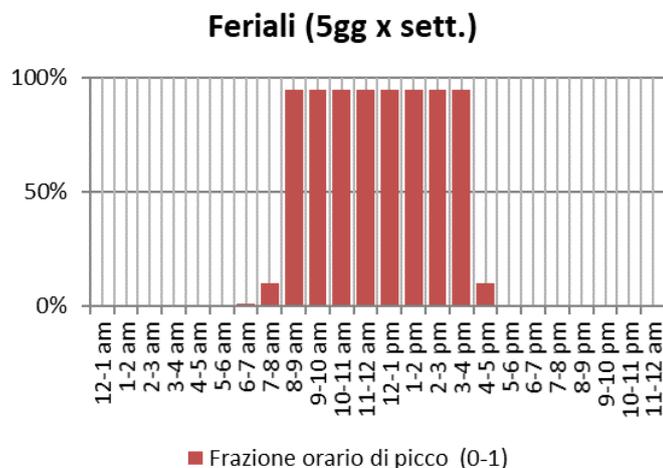
Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene da centrale termica. Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non ha saputo fornire informazioni sulle temperature impostate.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento stagionale scolastica



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
Edificio	Climatica	85%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una elettropompa gemellare (con funzionamento in alternanza) e da due pompe singole.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

	NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(1)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(2)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(3)</sup> [W]
Pompa gemellare LOWARA FCG 80-12T	EG01	Riscaldamento	-	-	1.700
Pompa singola LOWARA FC 40-10T	ES01	Riscaldamento	-	-	550
Pompa singola	ES02	Riscaldamento	-	-	n/d

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

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

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

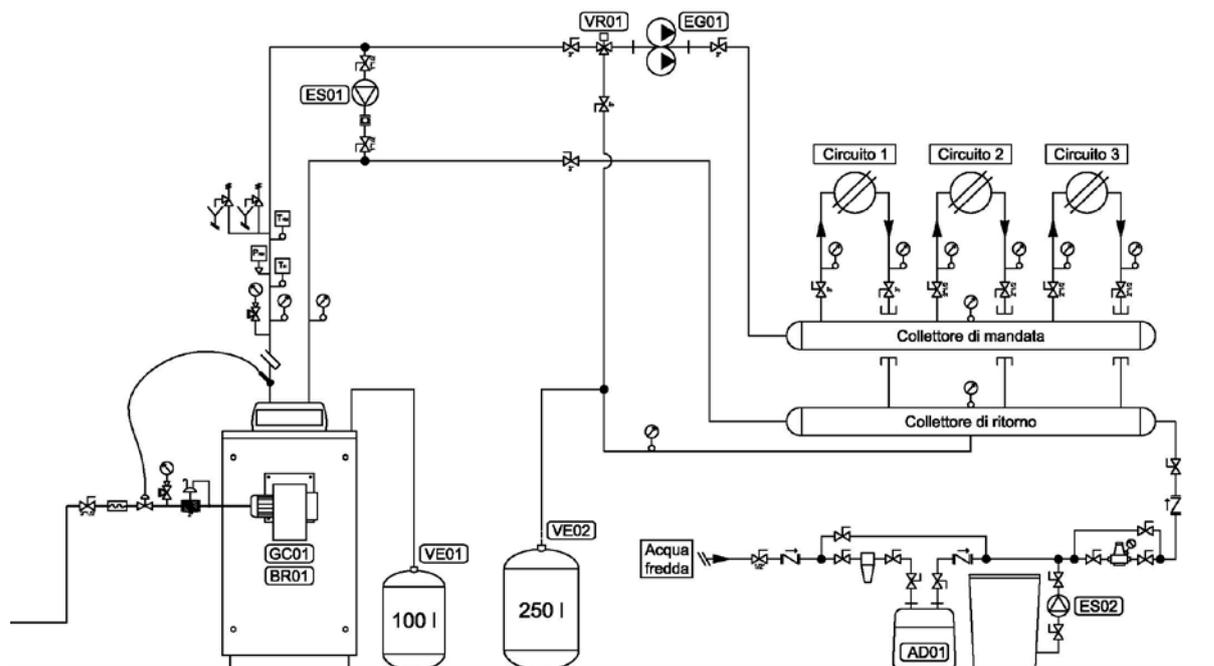
CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA <sup>(1)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(2)</sup> °C
----------	---	--

GEN1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	50

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

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8a - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 140-P00-007.dwg)



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

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da un generatore UNICAL, modello TZAR-500, anno di costruzione 1995, abbinato a bruciatore Baltur TBG 85P. L'impianto è inoltre dotato di addolcitore Siata STE 0/05 e due vasi di espansione, chiusi, marca ELBI, modelli ERCE 100 LITERS (Anno 2015) e ERE-CE 250 LITERS.

Figura 4.9 - Caldaia



Figura 4.10 - Bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore e bruciatore

SERVIZIO	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]	
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	TZAR-500	1995	643,4	581,00	92,6 %	n/d

Nota (1) da prova fumi del 16/03/2017

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

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 90,3%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 [e/o 6.2] dell'Allegato J – Schede di audit.

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è sostanzialmente legato all'uso dei bagni da parte degli alunni e del personale, oltre che della mensa.

Sono installati n. 5 boiler elettrici di potenza 1200 W l'uno; i 5 apparecchi sono installati rispettivamente 2 al piano terra, 1 al piano primo, 1 al piano secondo, 1 al piano terzo.



Figura 4.11 - Uno dei boiler elettrici presenti nei servizi igienici per la produzione di ACS autonoma

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9, uguali per tutti e quattro i Sistemi Impiantistici.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(2)</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>(3)</sup>
95%	93%	-	-	75 %	27%

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

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

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

Non presente

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

Non presente.

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

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

Tali tipologie di utenze sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Piano terra, primo,	Computer Desktop	28	185	5180	1538 (7,5hx205gg)

terzo					
Piano primo, terzo	Stampante Multifunzione	2	675	1350	68 (0,33gx205gg)
Piano primo, terzo	Stampante da tavolo	4	350	1400	68 (0,33gx205gg)
Piano terzo	Fax	1	1,5	1,5	4920 (24hx205gg)
Piano primo	Videoregistratore	1	90	90	14 (0,07hx205gg)
Piano primo, secondo, terzo	Distributore bevande/snack	3	1500	4500	68 (0,33gx205gg)
Piano terra, primo, secondo, terzo	TV	4	200	800	68 (0,33gx205gg)
Piano terra	Forno elettrico	1	1400	1400	68 (0,33gx205gg)
Piano terra	Cappa	1	200	200	68 (0,33gx205gg)
Piano terra	Macchinetta caffè	2	500	1000	68 (0,33gx205gg)
Piano terra	Frigorifero	2	60	120	8760 (24hx365gg)
Piano terra	Lavastoviglie	1	1000	1000	68 (0,33gx205gg)
Piano terra	Frullatore	2	20	40	820 (4hx205gg)
Piano terra, primo, secondo, terzo	Proiettore	4	20	80	13 (0,06hx205gg)

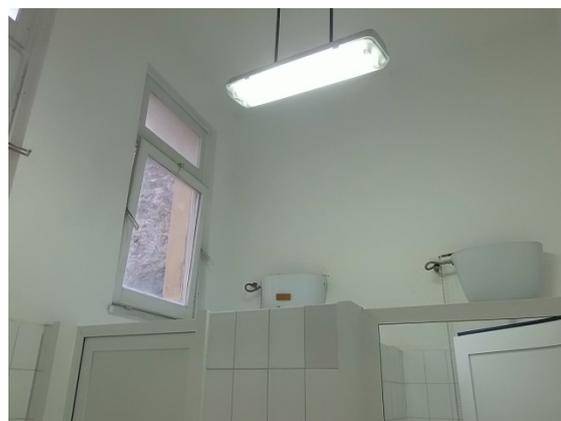
L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti di diversa potenza.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei servizi igienici

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



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.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
PT	fluorescente 36 W	40	0,036	1,44
	fluorescente 18 W	10	0,018	0,18
	fluorescente 40W	1	0,04	0,04
	fluorescente 58 W	28	0,058	1,624
P1	fluorescente 36 W	92	0,036	3,312
	fluorescente 18 W	1	0,018	0,018
	fluorescente 40W	2	0,04	0,08
P2	fluorescente 36 W	74	0,036	2,664
	fluorescente 18 W	2	0,018	0,036
	fluorescente 40W	2	0,04	0,08

P3	fluorescente 58 W	12	0,058	0,696
	fluorescente 36 W	88	0,036	3,168
	fluorescente 18 W	2	0,018	0,036
	fluorescente 40W	2	0,04	0,08
Esterni	Fari	6	0,08	0,48
	Fari	1	0,25	0,25
	LED	10	0,2	2

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

Non presente

## 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 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 <sup>(1)</sup>	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 <sup>(14)</sup>	0,85	n/a	n/a	10,09

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori con i seguenti PDR:

- PDR1: 3270049347336 – uso riscaldamento
- PDR2: 3270014173928 – uso mensa.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Smc]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270049347336	Riscaldamento	25.937	27.221	28.257	244.326	256.418	266.181
3270014173928	Cucina	2.161	2.642	1.782	20.357	24.886	16.783

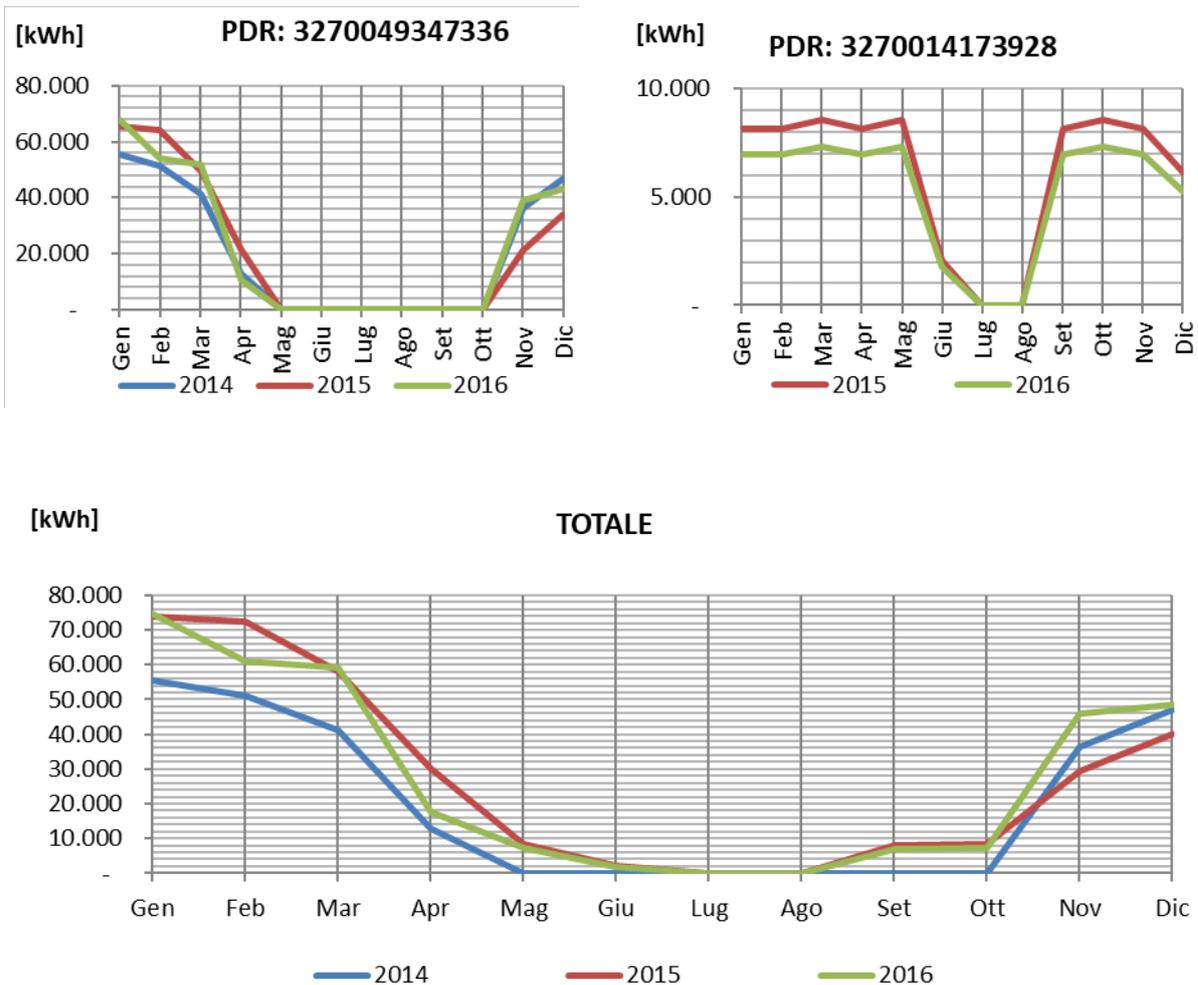
Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. Per il PDR2, uso cucina, la ripartizione dei consumi annuali di energia termica in consumi mensili risulta dall'analisi delle bollette mentre per il PDR1, uso riscaldamento, è stata eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella tabella seguente.

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella seguente tabella.

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

PDR: 3270049347336	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Smc]	[Smc]	S[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.896	6.969	7.197	55.542	65.650	67.799
Febbraio	5.426	6.814	5.722	51.117	64.186	53.898
Marzo	4.388	5.263	5.500	41.331	49.582	51.812
Aprile	1.378	2.320	1.146	12.977	21.852	10.799
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	3.865	2.241	4.117	36.405	21.107	38.778
Dicembre	4.985	3.614	4.575	46.954	34.045	43.095
<b>Totale</b>	<b>25.937</b>	<b>27.221</b>	<b>28.257</b>	<b>244.327</b>	<b>256.422</b>	<b>266.181</b>
PDR: 3270014173928	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Smc]	[Smc]	S[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	866	740	-	8.156	6.973
Febbraio	-	866	740	-	8.156	6.973
Marzo	-	909	777	-	8.564	7.322
Aprile	-	866	740	-	8.156	6.973
Maggio	-	909	777	-	8.564	7.322
Giugno	-	216	185	-	2.039	1.743
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	866	740	-	8.156	6.973
Ottobre	-	909	777	-	8.564	7.322
Novembre	-	866	740	-	8.156	6.973
Dicembre	-	649	555	-	6.117	5.230
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>7.922</b>	<b>6.773</b>	<b>-</b>	<b>74.625</b>	<b>63.802</b>

Figura 5.1–Andamento mensile dei consumi termici fatturati uso cucina



Dall’analisi effettuata è emerso che: i consumi fatturati dalla società di fornitura per il 2014 non sono disponibili, i consumi del 2015 (7.922 mc) sono molto diversi da quelli fatturati dalla società di distribuzione (2.642 mc) come anche i consumi del 2016 fatturati dalla società di fornitura (6773 mc) rispetto a quelli fatturati dalla società di distribuzione (1.782 mc)

I consumi mensili sono stati suddivisi considerando i giorni di utilizzo dell’edificio.

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<sub>reali</sub> 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.

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REAL</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [mc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	883	929	25937	244.327	276,7	257.055	0	0
2015	877	929	27.221	256.422	292,4	271.626	0	0
2016	918	929	28.257	266.181	290,0	269.370	0	0
<b>Media</b>	<b>893</b>	<b>929</b>	<b>27.138</b>	<b>255.643</b>	<b>286</b>	<b>266.017</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento dei consumi crescente.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	0,0
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0,0
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	255.364
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>255.364</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

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

- POD1: IT001E00122656

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 seguente tabella con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00122656	Intero edificio	45.211	46.984	63.731	51.975

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1577.xlsx) ed è emerso che i dati ricavati dalle fatture risultano molto lacunosi per determinare un vero scostamento dai dati registrati dall'Amministrazione nel file Kyoto.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 43.147 kWh; anno 2015 47.935 kWh; anno 2016 43.265 kWh.

*L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento rilevata nel file kyotoBaseline-E1577.xlsx in quanto l'utilizzo dei dati di fattura con l'enorme quantità di valori mancanti non risulterebbe attendibile.*

*Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 51.975 kWh.*

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

POD: IT001E00122656	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	1900	1853	2030	5783
Feb-14	1738	1813	1671	5222
Mar-14	1450	1459	1439	4348
Apr-14	1449	1443	1457	4349
Mag-14	1370	1459	1387	4216
Giu-14	520	498	556	1574
Lug-14	562	557	509	1628
Ago-14	511	556	561	1628
Set-14	215	216	198	629
Ott-14	4262			4262
Nov-14	4590			4590
Dic-14	4918	-	-	4918
Totale	23485	9854	9808	43147
POD: IT001E00122656	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-15	4067	560	792	5419
Feb-15	3826	508	600	4934
Mar-15	4236	563	664	5463
Apr-15	6158	-	-	6158
Mag-15	4125	-	-	4125

Giu-15	2914	-	-	2914
Lug-15	1172	-	-	1172
Ago-15	1000	-	-	1000
Set-15	2301	-	-	2301
Ott-15	4990	-	-	4990
Nov-15	4569	-	-	4569
Dic-15	4890	-	-	4890
<b>Totale</b>	<b>44248</b>	<b>1631</b>	<b>2056</b>	<b>47935</b>
<b>POD: IT001E00122656</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen-16	5467	-	-	5467
Feb-16	5060	-	-	5060
Mar-16	5409	-	-	5409
Apr-16	5688	-	-	5688
Mag-16	5106	-	-	5106
Giu-16	3371	-	-	3371
Lug-16	4672	-	-	4672
Ago-16	-	-	-	-
Set-16	4448	-	-	4448
Ott-16	-	-	-	-
Nov-16	-	-	-	-
Dic-16	4044	-	-	4044
<b>Totale</b>	<b>43265</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>43265</b>

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

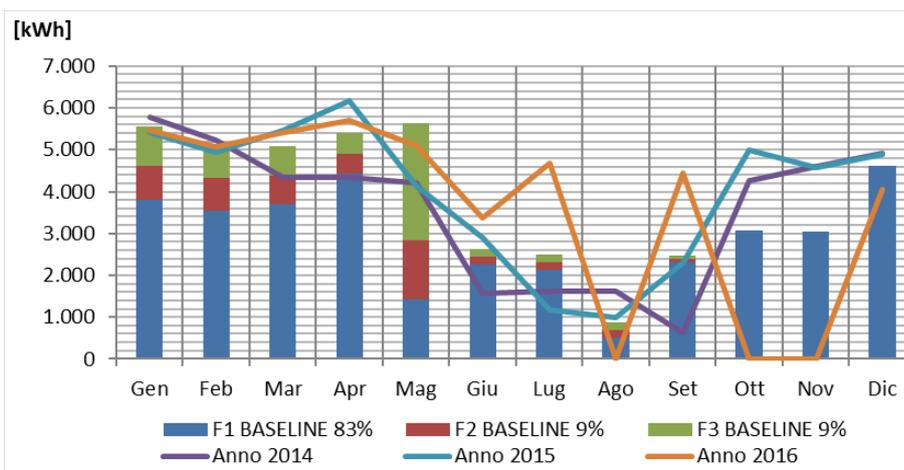
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

<b>BASELINE</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gennaio	3.811	804	941	5.556
Febbraio	3.541	774	757	5.072
Marzo	3.698	674	701	5.073
Aprile	4.432	481	486	5.398
Maggio	1.415	1.423	2.802	4.482
Giugno	2.268	166	185	2.620
Luglio	2.135	186	170	2.491
Agosto	504	185	187	876
Settembre	2.321	72	66	2.459
Ottobre	3.084	0	0	3.084
Novembre	3.053	0	0	3.053
Dicembre	4.617	0	0	4.617
<b>Totale</b>	<b>36.999</b>	<b>3.828</b>	<b>3.955</b>	<b>44.782</b>

Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in

Figura 5.2–Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



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

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00122656

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

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;
- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 32,26 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

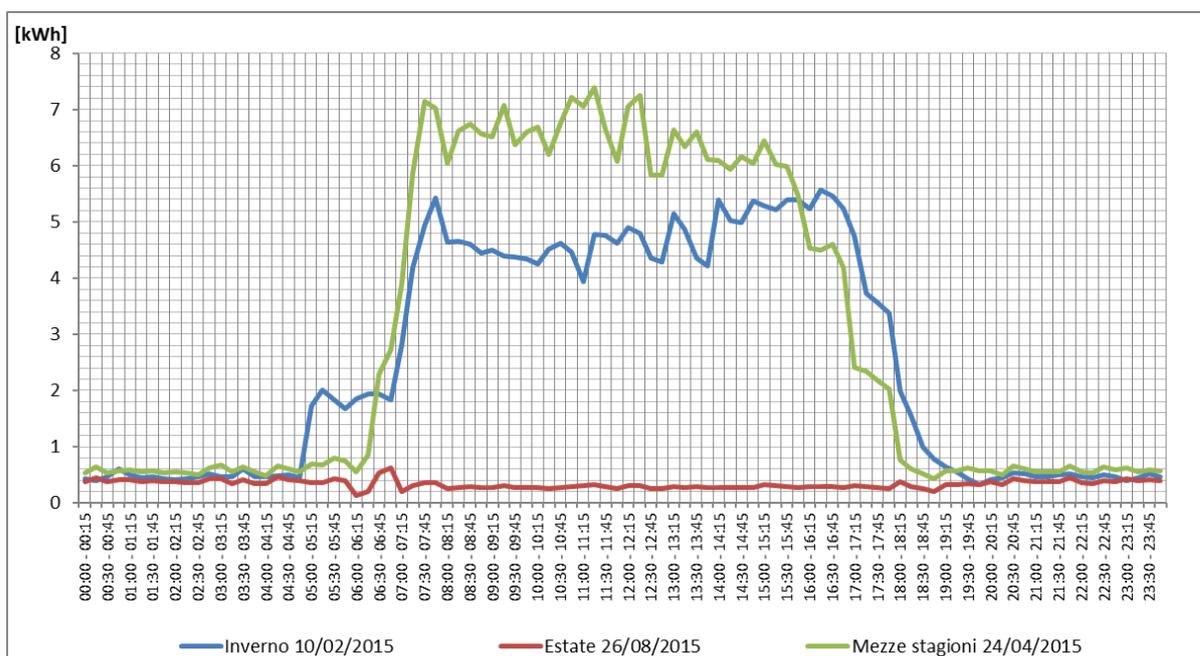
Nella tabella seguente si riporta l’analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	10/02/2015	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	26/08/2015	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	24/04/2015	Venerdì	Mezza stagione	16,2

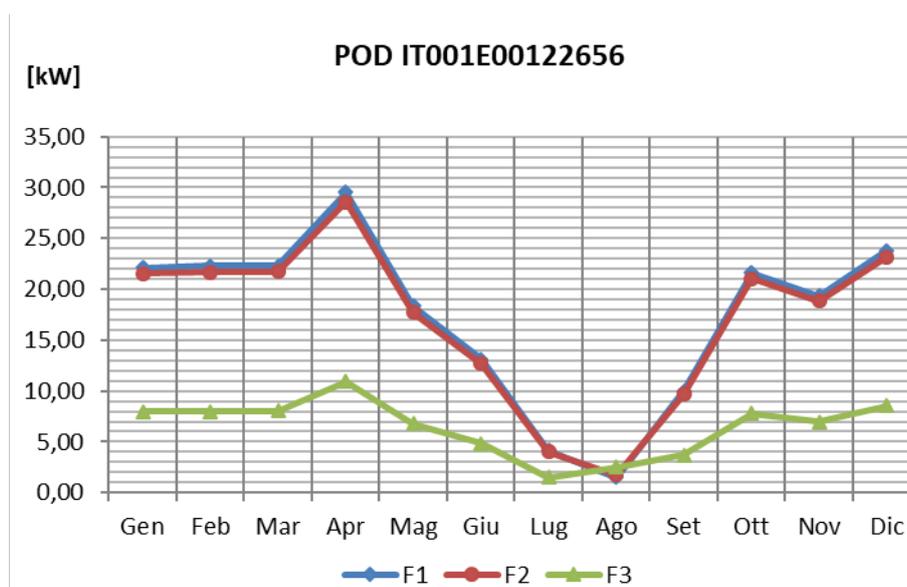
L’andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.3 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00122656



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 18 fino al mattino alle 6.30), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezza stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero.

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il IT001E00122656



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

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 29,52 kW e si verifica nel mese di aprile in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO<sub>2</sub> utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10.

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

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

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.11 e nella Tabella 5.12.

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]		[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	51.975		* 0,467	24,27
Gas naturale	266.017,03		* 0,202	53,73

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

Tabella 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo CONSUMI RILEVATI 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.288	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.832	m <sup>3</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	32.084	m <sup>3</sup>

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
				[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	266.017	1,05	279.318	65,1	57,8	8,7	12,53	11,12	1,67
Energia elettrica	51.975	2,42	125.780	29,3	26,0	3,9	5,66	5,02	0,76
<b>TOTALE</b>			<b>405.097</b>	<b>94</b>	<b>84</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>2</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
				[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	266.017	1,05	279.318	65,1	57,8	8,7	12,53	11,12	1,67
Energia elettrica	51.975	1,95	101.351	23,6	21,0	3,2	5,66	5,02	0,76
<b>TOTALE</b>			<b>380.669</b>	<b>89</b>	<b>79</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>2</b>

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

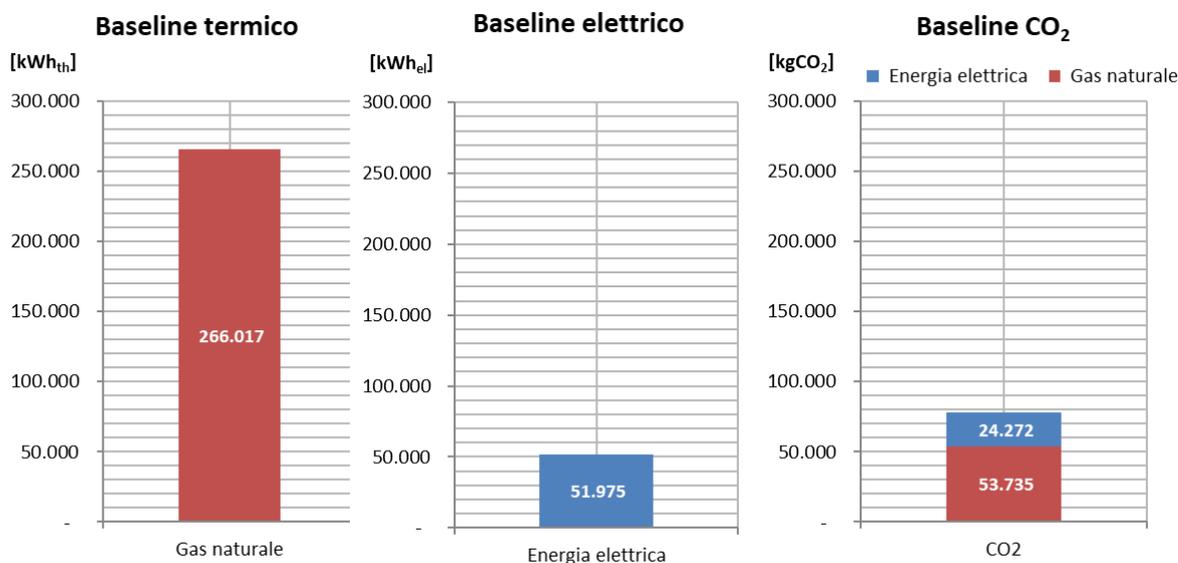


Figura 5.6– Indici di performance energetica e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazione

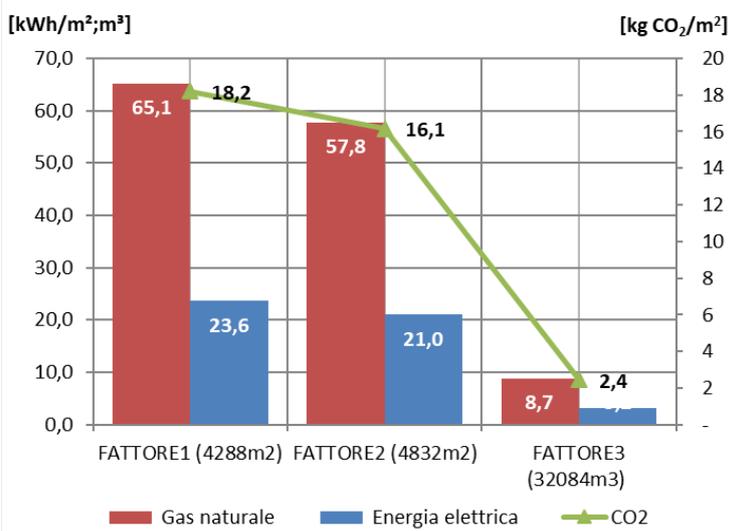
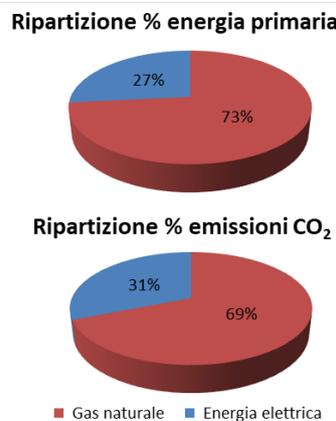


Figura 5.7–Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Si sottolinea che non è stato possibile distinguere la quota parte per ciascun grado di istruzione ed è pertanto stato fatto un calcolo unico per tutto l'edificio, pertanto il calcolo è stato rifatto più volte, immaginando ogni volta che tutto il consumo fosse attribuito a ciascun grado di istruzione presente nell'IC.

Tabella 5.16–Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	5,956	5,942	5,979			
Energia elettrica				8,42	8,75	11,87

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA- FIRE, ottenendo Buoni per i due indici.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati nell'Allegato M Report di Benchmark.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	361,63	379,69
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	291,00	292,04
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	39,86	49,47
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	30,20	37,48
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,56	0,70
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	-	81,68

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]	[kWh/anno]
Gas Naturale	122.670,40	1.155.555,1	1.213.332,8
Energia Elettrica	-	163.835,70	319.479,61

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(15)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(15)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (15) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell’edificio e le temperature interne stimate a seguito del sopralluogo.

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	101,72	110,39
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	66,73	66,964
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	4,22	5,23
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	30,20	37,84
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,56	0,70
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	-	28,27

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

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

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

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	28.510,3	268.567,02
Energia Elettrica		54.551

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $Q_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ( $Q_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
268.567,02	266,017,03	0,95%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $EE_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ( $EE_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Conguità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
54.551	51.975	4,7%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

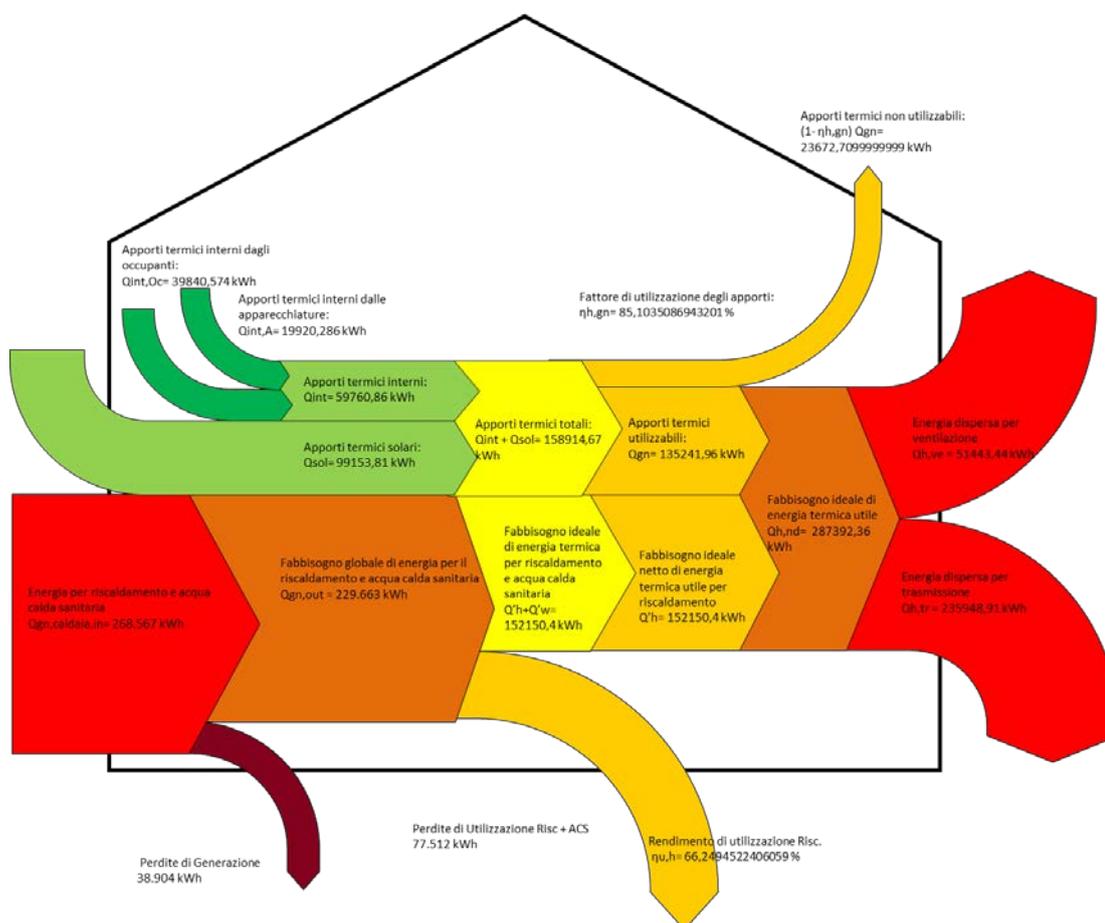
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento del flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

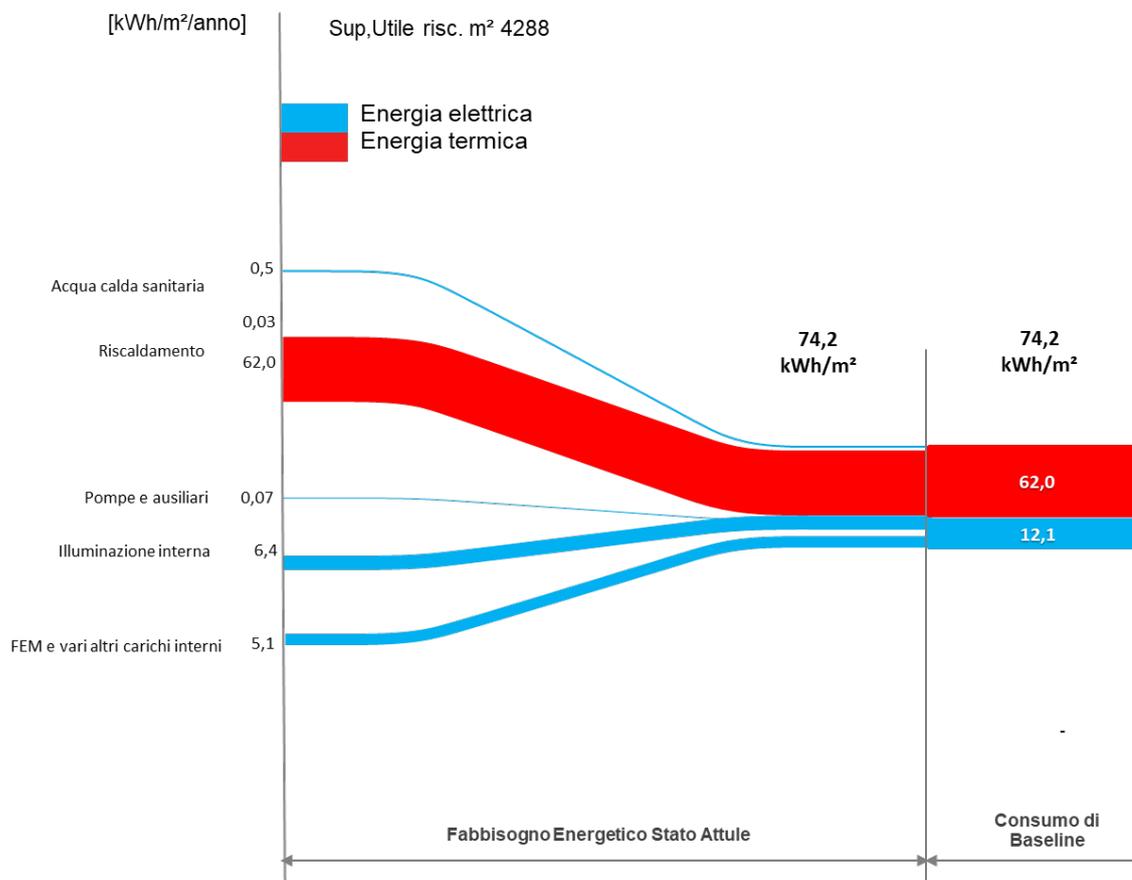
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1.

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 l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 87% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 67%.

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



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

Il contributo definito come “Altro – 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 gas naturale è impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell’energia elettrica risulta essere l’illuminazione interna.

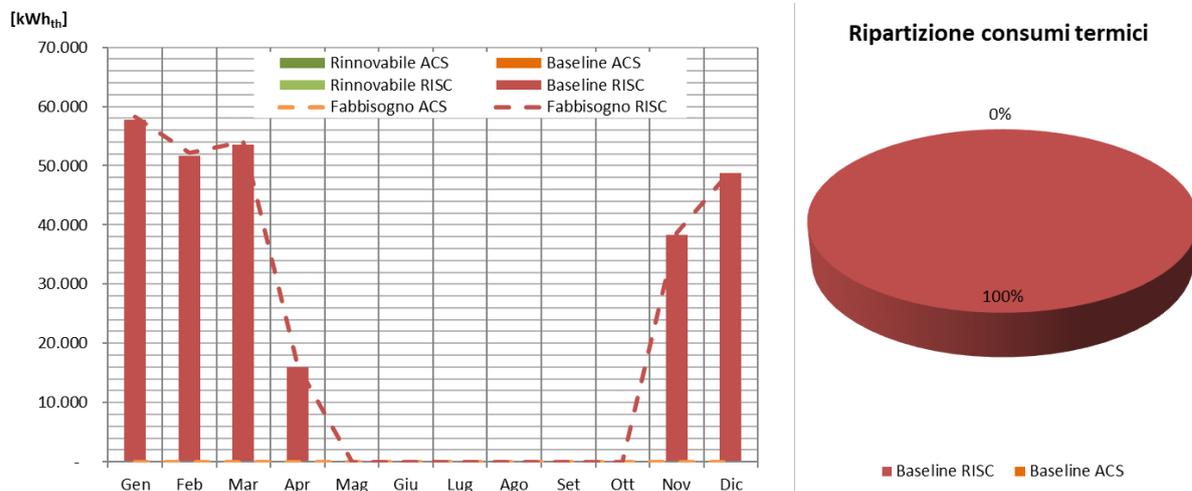
### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto

della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l’utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

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

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



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

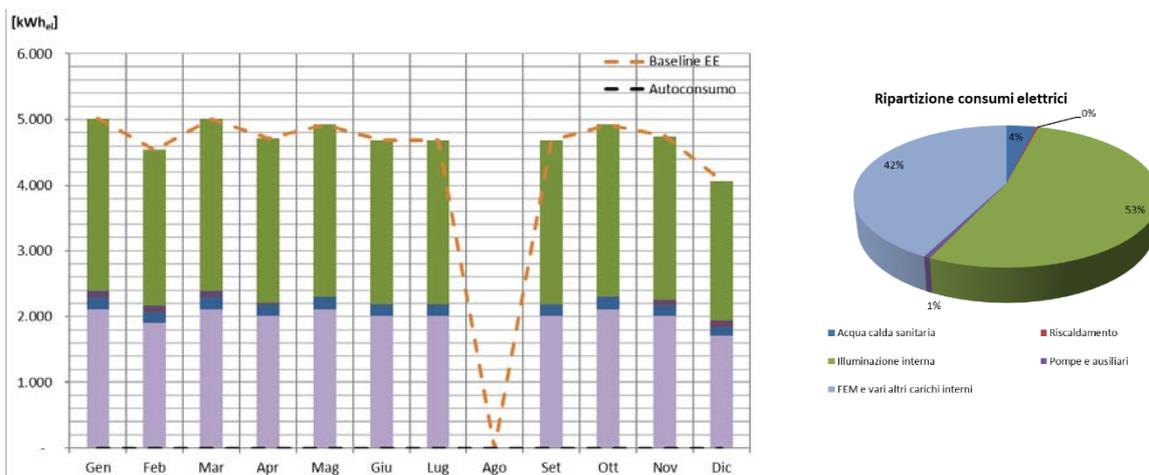
Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



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

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

### 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 – 3270049347336 : 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. Per questa fornitura non essendo disponibili le fatturazioni si è considerato il prezzo da ARERA per l'anno 2017;
- PDR 2 – 3270014173928: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore termico per il triennio di riferimento PDR 2 – 3270014173928 (uso cucina)

PDR: 3270014173928	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova, via di Francia 1, Genova	Comune di Genova, via di Francia 1, Genova - Comune di Genova, via di Garibaldi 9, Genova	Comune di Genova, via di Garibaldi 9, Genova
Società di fornitura	Iren Mercato SpA	Iren Mercato SpA -ENI SpA	ENI SpA – ENERGETIC SpA
Inizio periodo fornitura	01/08/2002	01/08/2002 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 -
Classe del contatore	T	T	T
Tipologia di contratto	Punto di riconsegna per servizio pubblico	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Consip Comune Genova	Prodotto Consip 7 gas	Prodotto Consip 8
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	1,023	1,023	1,023
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	Dati non disponibili	38,190 Mj/mc	38.972 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(2)</sup> (IVA INCLUSA)	Dati non disponibili	0,74 €/mc	0,47 €/mc

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che dopo un periodo relativamente lungo (dal 2002 al 2015) con lo stesso fornitore il contratto è iniziato a cambiare ogni anno.

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

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

PDR: 3270014173928	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[mc]	[€/mc]
Gennaio	86	33		35	3	156	196	0,799
Febbraio	86	33		35	3	156	196	0,799
Marzo	90	35		36	3	164	206	0,799
Aprile	196	85		141	93	515	691	0,745
Maggio	206	89		149	98	541	726	0,745
Giugno	196	85		141	93	515	691	0,745
Luglio	126,73	57,94		98,91	62,39	346	467	0,741
Agosto	113,69	52,38		88,74	56,06	311	419	0,742
Settembre	141,9	64,43		110,77	69,76	387	523	0,740
Ottobre	180,98	79,95		139,15	88,02	488	657	0,743
Novembre	368,82	132,51		283,6	172,7	958	1.339	0,715
Dicembre	498,84	171,06		383,57	231,8	1.285	1.811	0,710
<b>Totale</b>	<b>2.291</b>	<b>918</b>	<b>-</b>	<b>1.642</b>	<b>973</b>	<b>5.824</b>	<b>7.922</b>	<b>0,735</b>
PDR: 3270014173928	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[mc]	[€/mc]
Gennaio	503,61	239,31		386,14	248,4	1.377	2.006	0,687
Febbraio							2.048	-
Marzo	404,37	185,14		331,89	202,7	1.124	1.567	0,717
Aprile	36,2	25,17		35,83	21,38	119	211	0,562
Maggio	28,45	20,11		27,8	16,8	93	163	0,572
Giugno	29,23	20,73		28,78	17,32	96	147	0,653
Luglio	15,08	11,58		14,1	8,97	50	72	0,691
Agosto	15,5	11,83		14,49	9,2	51	74	0,689
Settembre	16,64	12,58		15,66	9,87	55	80	0,684
Ottobre	19,59	11,97		16,25	10,52	58	83	0,703
Novembre	35,01	19,45		29,17	18,4	102	149	0,685
Dicembre						41	173	0,235
<b>Totale</b>	<b>1.104</b>	<b>558</b>	<b>-</b>	<b>900</b>	<b>564</b>	<b>3.166</b>	<b>6.773</b>	<b>0,467</b>

Per i costi del 2016 risulta mancante la fattura relativa al dicembre 2016 e fatture di conguaglio per i primi tre mesi per cui il costo al mc non risulta attendibile.

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

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

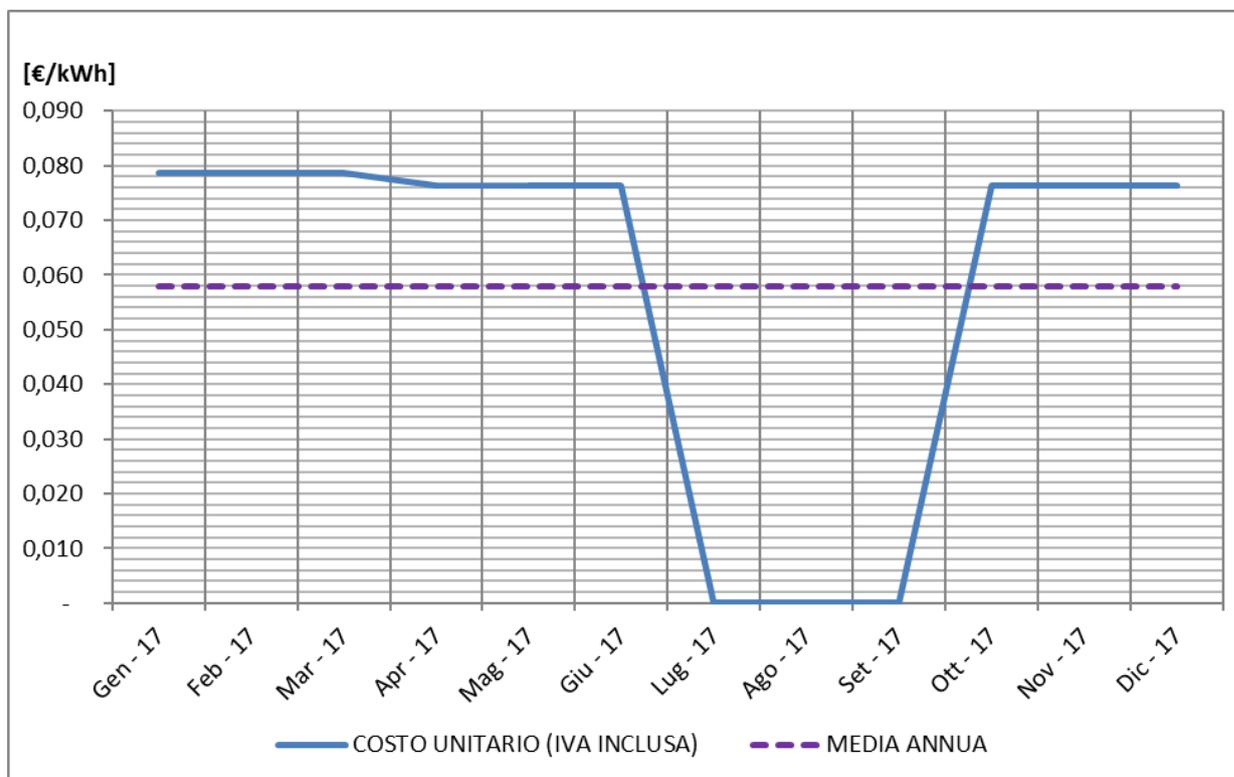
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.3 Prezzo unitario mensile 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,079
Feb - 17	0,079
Mar - 17	0,079
Apr - 17	0,076
Mag - 17	0,076
Giu - 17	0,076
Lug - 17	0,735
Ago - 17	0,735
Set - 17	0,735
Ott - 17	0,076
Nov - 17	0,076
Dic - 17	0,076
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,0777</b>

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

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



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00122656 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

Tabella 7.4–Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00122656	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, via di Francia 1 16124 Genova GE	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9 16124 Genova GE	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9 16124 Genova GE
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	33,00 kW	33,00 kW	30,00 kW
Potenza elettrica disponibile	33,00 kW	33,00 kW	33,00 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	-	BTA6	-
Prezzi del forniture dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	n.d.	0,04 €/kWh	0,07 €/kWh

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

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

Nelle seguenti tabelle si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti. Alcune bollette sono risultate mancanti, perciò tali valori non sono stati riportati in relazione.

Tabella 7.5–Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00122656	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABIL E	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 264,16	€ 43,60	€ 345,64	€ 46,28	€ 69,97	€ 769,65	5.783	0,133
Febbraio	€ 191,57	-€ 10,82	€ 332,48	€ 46,29	€ 55,95	€ 615,47	5.222	0,118
Marzo	€ 383,16	€ 607,06	€ 364,72	€ 46,29	€ 140,12	€ 1.541,35	4.348	0,354
Aprile	€ 261,83	€ 64,92	€ 345,20	€ 46,28	€ 71,82	€ 790,05	4.349	0,182
Maggio	€ 262,81	€ 63,69	€ 354,20	€ 46,28	€ 72,70	€ 799,68	4.216	0,190
Giugno	€ 350,38	€ 352,20	€ 374,89	€ 46,29	€ 112,38	€ 1.236,14	1.574	0,785
Luglio	€ 263,86	€ 59,14	€ 356,49	€ 46,29	€ 72,58	€ 798,36	1.628	0,490
Agosto	€ 261,75	€ 59,17	€ 356,49	€ 46,29	€ 72,37	€ 796,07	1.628	0,489
Settembre	-€ 378,67	-€ 710,97	-€ 8,13	€ 7,88	-€ 108,99	-€ 1.198,88	629	-1,906
Ottobre	€ 406,69	€ 477,12	€ 277,08	€ 27,78	€ 118,87	€ 1.307,54	4.262	0,307

Novembre	€ 467,08	€ 273,15	€ 486,28	€ 57,56	€ 128,41	€ 1.412,48	4.590	0,308
Dicembre	€ 348,65	€ 74,33	€ 499,38	€ 63,35	€ 98,57	€ 1.084,28	4.918	0,220
<b>Totale</b>	<b>€ 3.083,27</b>	<b>€ 1.352,59</b>	<b>€ 4.084,72</b>	<b>€ 526,86</b>	<b>€ 904,74</b>	<b>€ 9.952,19</b>	<b>43.147</b>	<b>€ 0,231</b>
<b>POD: IT001E00122656</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>Anno 2015</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>		<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gennaio	€ 314,45	€ 62,51	€ 456,95	€ 59,19	€ 89,31	€ 982,41	5.419	€ 0,18
Febbraio	€ 87,58	€ 18,17	€ 199,68	€ 65,29	€ 37,07	€ 407,79	4.934	€ 0,08
Marzo	€ 267,83	€ 57,41	€ 394,97	€ 54,36	€ 77,46	€ 852,03	5.463	€ 0,16
Aprile	€ 308,89		€ 489,32	€ 68,54	€ 86,67	€ 953,42	6.158	€ 0,15
Maggio	€ 186,87		€ 289,61	€ 37,85	€ 51,43	€ 565,76	4.125	€ 0,14
Giugno	€ 91,93		€ 216,78	€ 20,05	€ 32,88	€ 361,63	2.914	€ 0,12
Luglio	€ 148,27		€ 261,00	€ 34,20	€ 44,35	€ 487,81	1.172	€ 0,42
Agosto	€ 42,29		€ 133,41	€ 10,21	€ 18,59	€ 204,51	1.000	€ 0,20
Settembre	€ 196,39		€ 414,20	€ 48,46	€ 65,91	€ 724,96	2.301	€ 0,32
Ottobre	€ 91,39		€ 167,17	€ 23,16	€ 28,17	€ 309,89	4.990	€ 0,06
Novembre	€ 211,40		€ 542,70	€ 58,50	€ 81,26	€ 893,86	4.569	€ 0,20
Dicembre	€ 496,83		€ 657,44	€ 100,55	€ 125,48	€ 1.380,30	4.890	€ 0,28
<b>Totale</b>	<b>€ 2.444,12</b>	<b>€ 138,09</b>	<b>€ 4.223,23</b>	<b>€ 580,35</b>	<b>€ 738,58</b>	<b>€ 8.124,37</b>	<b>47.935</b>	<b>€ 0,17</b>
<b>POD: IT001E00122656</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>		<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gennaio	€ 238,33	€ 491,82	€ 65,25	-	€ 79,54	€ 874,94	5.467	€ 0,16
Febbraio	€ 204,53	€ 397,69	€ 59,36	-	€ 66,16	€ 727,74	5.060	€ 0,14
Marzo	€ 205,39	€ 422,96	€ 63,46	-	€ 69,18	€ 760,99	5.409	€ 0,14
Aprile	€ 280,16	€ 126,82	€ 381,12	€ 67,74	€ 85,58	€ 941,42	5.688	€ 0,17
Maggio	€ 342,36	€ 133,81	€ 433,70	€ 67,19	€ 97,71	€ 1.074,77	5.106	€ 0,21
Giugno	€ 269,45	€ 126,82	€ 329,09	€ 58,19	€ 78,36	€ 861,91	3.371	€ 0,26
Luglio	€ 499,14	€ 298,87	€ 508,48	€ 86,56	€ 139,31	€ 1.532,36	4.672	€ 0,33
Agosto								
Settembre	€ 327,33	€ 116,18	€ 288,41	€ 50,55	€ 78,25	€ 860,72	4.448	€ 0,19
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	€ 544,71	€ 190,00	€ 612,38	€ 109,81	€ 145,69	€ 1.602,59	4.044	€ 0,40
<b>Totale</b>	<b>€ 2.911,40</b>	<b>€ 2.304,97</b>	<b>€ 2.741,25</b>	<b>€ 440,04</b>	<b>€ 839,77</b>	<b>€ 9.237,43</b>	<b>43.265</b>	<b>€ 0,21</b>

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

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

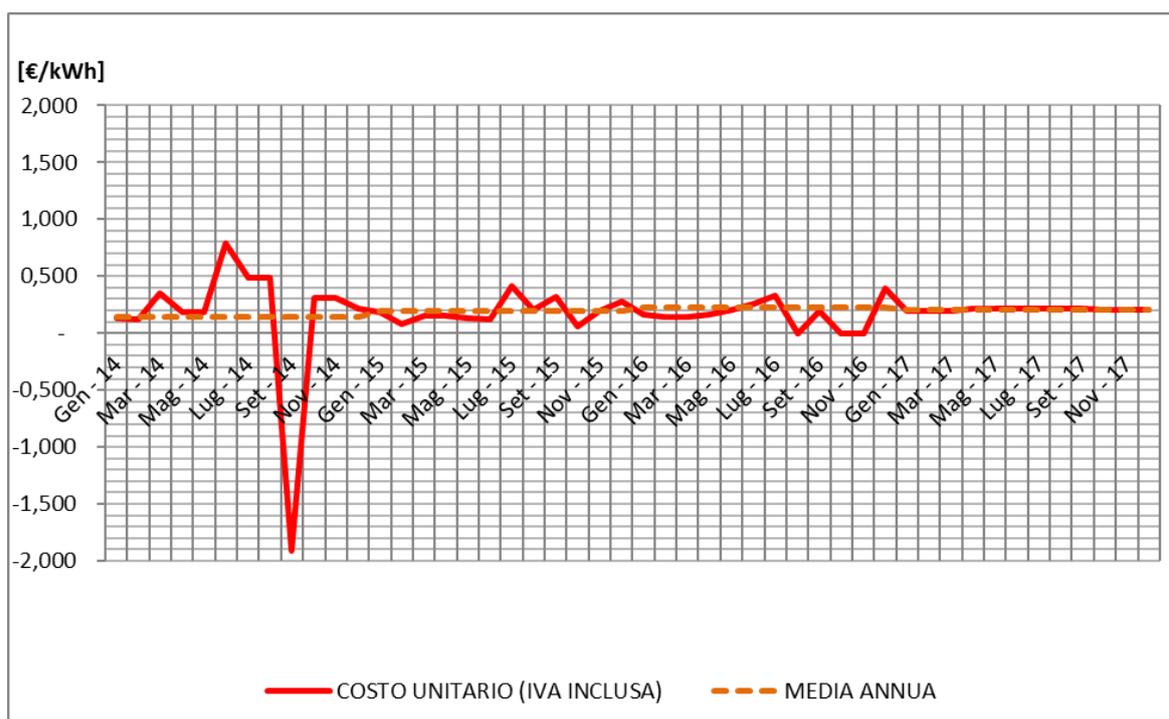
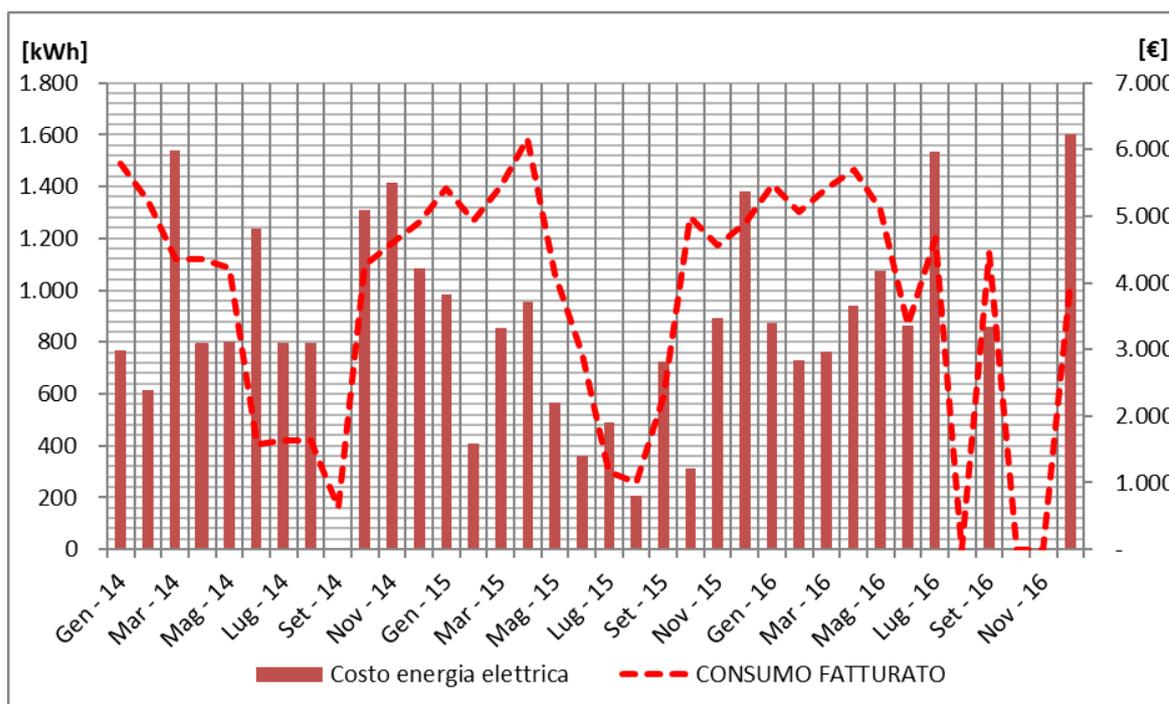


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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

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

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

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati, tenendo conto che per il gas non sono disponibili le bollette e che per l'energia elettrica queste sono parziali.

Tabella 7.6 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	244.326	-	-	43.147	9.952	0,231	-
2015	256.418	-	-	47.935	8.124	0,169	-
2016	266.181	-	-	43.265	9.237	0,214	-
Media	255.641	-	-	44.782	9.104	0,195	-

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.6.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore ARERA ridotto del 5%	C <sub>UQ</sub>	0,078 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore ARERA ridotto del 5%	C <sub>UEE</sub>	0,206 [€/kWh]

Nota: 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:

- L1-042-140: 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 33.680 €.

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

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.7.

Tabella 7.8 – 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	$C_{M_o}$ 10.468	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{M_s}$ 2.783	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

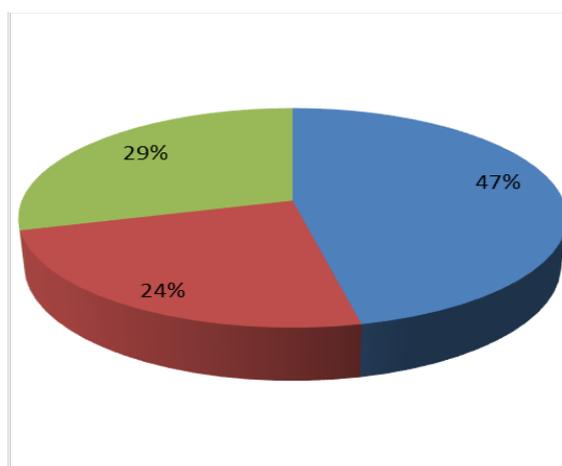
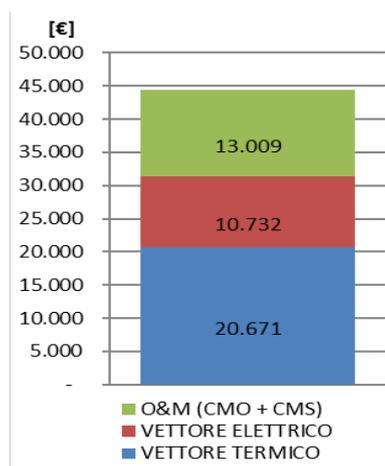
Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 31.403 € e un  $C_{baseline}$  pari a 44.412 €.

Tabella 7.9 – Valori di costo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$C_{uQ}$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$C_{uEE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
266.017	0,078	20.671	51.975	0,206	10.732	13.009	10.277	2.732	44.412

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM2: Sostituzione serramenti

###### Generalità

Visto lo stato di conservazione non buono dei serramenti attualmente esistenti nella scuola l'intervento ne prevede la sostituzione, anche se, come vedremo, nell'analisi costi-benefici questo scenario non dà esito particolarmente positivo.

Risulterebbe comunque privo di senso sostituire solo una parte dei serramenti dell'edificio, in quanto questa operazione porterebbe a benefici parziali sia in termini di benessere termologico, sia in termini di risparmio energetico.

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire.



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

###### Serramenti in legno/PVC/alluminio con trasmittanza complessiva pari a 2,0 W/m<sup>2</sup>K pari al limite normativo

Si avrà cura nel mantenere il medesimo aspetto estetico del fabbricato, in quanto ci si trova in zona di vincolo “Bellezze di insieme” e gli interventi che riguardano le parti esterne/l'involucro devono essere assoggettati ad autorizzazione paesaggistica.



Infissi in pvc con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210. Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.

###### Descrizione dei lavori

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

Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili). Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla superficie esterna della costruzione.

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

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

### **Prestazioni raggiungibili**

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

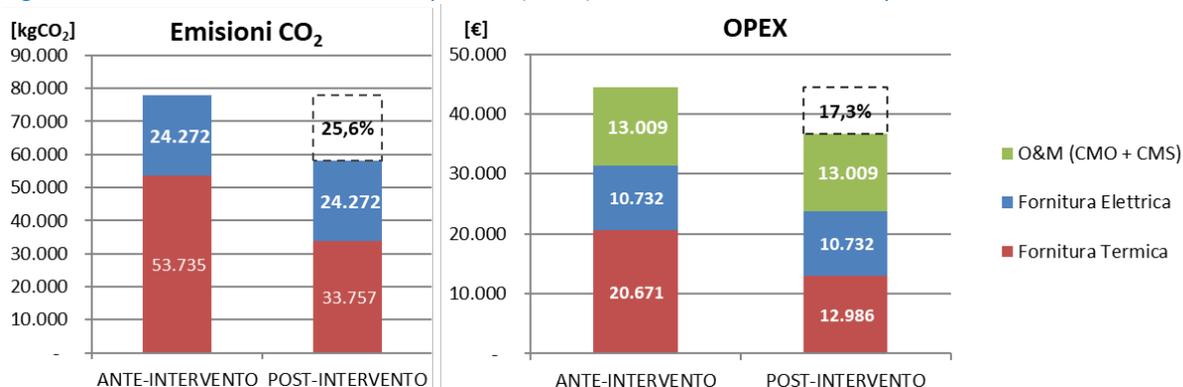
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM2: Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	5,77	1,67	<b>71,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	168.715	<b>37,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	54.551	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	167.113	<b>37,2%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.975	51.975	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	33.757	<b>37,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	24.272	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>58.029</b>	<b>25,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	12.986	<b>37,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	10.732	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>23.718</b>	<b>24,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	10.277	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	2.732	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>13.009</b>	<b>13.009</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>44.412</b>	<b>36.727</b>	<b>17,3%</b>
Classe energetica	[-]	C	C	stessa classe

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

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



## **EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)**

### **Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulle pareti verticali rivolte verso esterno, in modo tale che vengano raggiunti i limiti di trasmittanza richiesti dalla normativa.

Per i seguenti motivi si è deciso di evitare valutazioni parziali per l'applicazione del cappotto solo alcune parti di involucro:

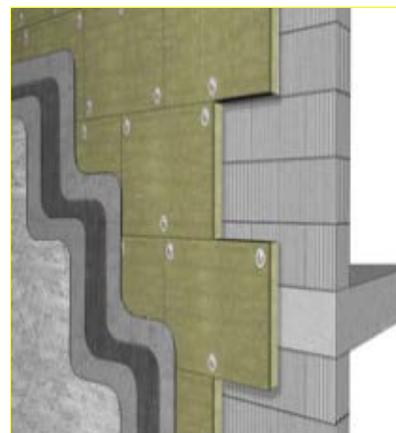
- Rispetto di un valore minimo di legge per U o H'T (il parametro da rispettarsi dipende dal tipo di intervento, come classificato ai sensi della normativa) anche per interventi che non riguardano l'involucro nella sua interezza;
- Come emergerà dall'analisi costi-benefici, un intervento di coibentazione dell'involucro quale l'applicazione del cappotto, non risulta valutato in maniera positiva. Ciò vale per un intervento di coibentazione completa della strutture verticali opache verso esterno, a maggior ragione si riducono i benefici per interventi di tipo parziale, che fanno sì ridurre i costi, ma spostano ulteriormente la valutazione costi-benefici verso considerazioni conclusive di tipo negativo;
- L'incremento di comfort termo igrometrico, così come la riduzione dei consumi, non traggono significativo giovamento da interventi parziali.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'isolamento a cappotto consiste nell'applicazione di uno strato di materiale coibente sulle pareti perimetrali verticali all'esterno dell'edificio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l'involucro. L'isolamento a cappotto presenta gli ulteriori vantaggi di annullare l'effetto di dissipazione dei ponti termici e di aumentare il comfort interno dell'edificio, grazie ad un innalzamento delle temperature superficiali delle facciate interne.

**Polistirene espanso in lastre sinterizzato**, conduttività termica  
 $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ , 10-13 kg/m<sup>3</sup>

**Spessore isolante: 6 cm**



### **Descrizione dei lavori**

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario, in primo luogo, fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza. Per la posa del cappotto termico è necessario inoltre selezionare un collante per cappotto idoneo per isolamento termico a cappotto: il collante per cappotto termico si applica con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata. Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Per eseguire correttamente il cappotto termico, durante la posa del cappotto i pannelli isolanti per cappotto devono essere posati a “mattoncino”, sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre, durante la posa del cappotto termico, dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli. Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno. La

tipologia di tassello per la corretta posa del cappotto termico va scelta in base al tipo di supporto su cui si andrà a posare il cappotto termico.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante.

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.

La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,22	0,28	<b>77,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	235.295	<b>12,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	54.551	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	233.061	<b>12,4%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.975	51.975	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	47.078	<b>12,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	24.272	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>71.351</b>	<b>8,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	18.110	<b>12,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	10.732	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>28.842</b>	<b>8,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	10.277	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	2.732	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>13.009</b>	<b>13.009</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>44.412</b>	<b>41.851</b>	<b>5,8%</b>
Classe energetica	[-]	C	C	stessa classe

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Come rilevato, l'intervento presenta una variazione dei parametri di riferimento ex-ante ed ex-post intervento che appare minima.

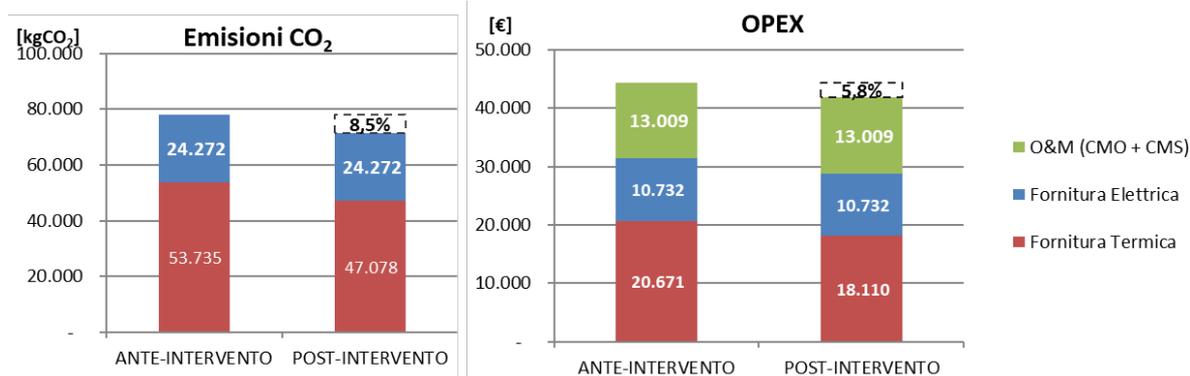
Ciò in dipendenza del fatto che i parametri considerati valutano il miglioramento delle prestazioni globali del fabbricato, tenendo conto sia della componente involucro, sia della componente impianto.

Se da un lato la componente involucro produce una riduzione delle dispersioni in regime invernale, dall'altro causa un peggioramento della prestazione estiva; inoltre il comportamento del sistema edificio-impianto, dal quale vengono estrapolati i parametri di tabella 8.2 non viene governato esclusivamente dalle caratteristiche di involucro, ma anche - ed in modo preponderante - dalla componente impiantistica: un intervento di coibentazione dell'involucro dunque, oltre ad avere un costo di investimento molto importante, non è giustificato da una sufficiente riduzione degli indici di

prestazione, i quali sono preminentemente dipendenti dalla tipologia impiantistica, ed in particolare dai sistemi di generazione e di regolazione installati.

Risulta comunque fermo che coibentare l’involucro apporti considerevoli benefici dal punto di vista del comfort termo igrometrico, aspetto che sarebbe potuto emergere scegliendo differenti indicatori. Quelli utilizzati nell’ambito del rapporto di diagnosi in esame evidenziano, come sopra illustrato, degli aspetti differenti del comportamento sistema edificio-impianto che sono governati da altre logiche, che conducono ai risultati evidenziati in tabella 8.2, la cui correttezza viene in questa sede confermata.

Figura 8.3 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### **EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)**

#### **Generalità**

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

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

Figura 8.4 - Particolare copertura su cui intervenire.

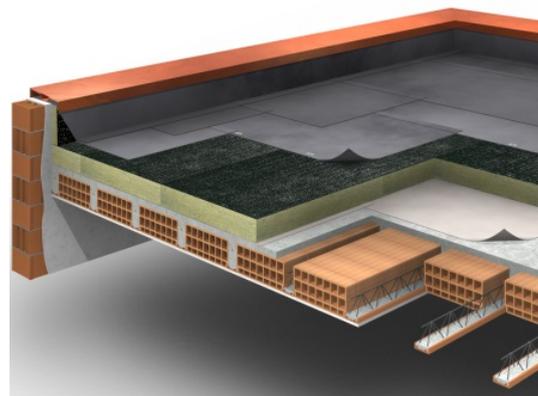


#### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

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

**Spessore isolante: 12 cm**



### **Descrizione dei lavori**

L'intervento è così articolato:

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

### **Prestazioni raggiungibili**

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM6 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,49	0,27	<b>81,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	243.691	<b>9,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	54.551	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	241.378	<b>9,3%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.975	51.975	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	48.758	<b>9,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	24.272	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>73.031</b>	<b>6,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	18.756	<b>9,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	10.732	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>29.489</b>	<b>6,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	10.277	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	2.732	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>13.009</b>	<b>13.009</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>44.412</b>	<b>42.497</b>	<b>4,3%</b>
Classe energetica	[-]	C	C	stessa classe

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

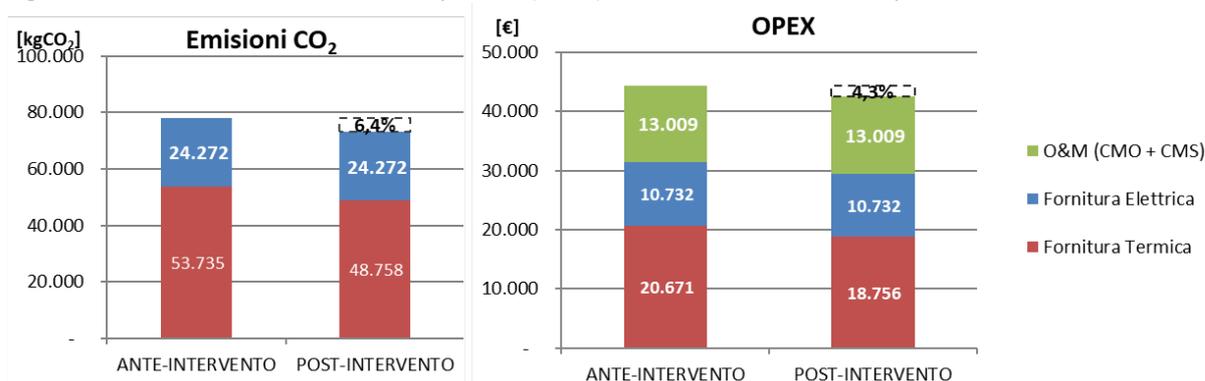
Come rilevato, l'intervento presenta una variazione dei parametri di riferimento ex-ante ed ex-post intervento che appare minima.

Ciò in dipendenza del fatto che i parametri considerati valutano il miglioramento delle prestazioni globali del fabbricato, tenendo conto sia della componente involucro, sia della componente impianto.

Se da un lato la componente involucro produce una riduzione delle dispersioni in regime invernale, dall'altro causa un peggioramento della prestazione estiva; inoltre il comportamento del sistema edificio-impianto, dal quale vengono estrapolati i parametri di tabella 8.2 non viene governato esclusivamente dalle caratteristiche di involucro, ma anche - ed in modo preponderante - dalla componente impiantistica: un intervento di coibentazione dell'involucro dunque, oltre ad avere un costo di investimento molto importante, non è giustificato da una sufficiente riduzione degli indici di prestazione, i quali sono preminentemente dipendenti dalla tipologia impiantistica, ed in particolare dai sistemi di generazione e di regolazione installati.

Risulta comunque fermo che coibentare l'involucro apporti considerevoli benefici dal punto di vista del comfort termo igrometrico, aspetto che sarebbe potuto emergere scegliendo differenti indicatori. Quelli utilizzati nell'ambito del rapporto di diagnosi in esame evidenziano, come sopra illustrato, degli aspetti differenti del comportamento sistema edificio-impianto che sono governati da altre logiche, che conducono ai risultati evidenziati in tabella 8.2, la cui correttezza viene in questa sede confermata.

Figura 8.5 – EEM6: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### **EEM7: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure inclinate (copertura)**

#### **Generalità**

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

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

Figura 8.6 - Particolare copertura su cui intervenire – vista dall'interno



### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

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

**Spessore isolante: 12 cm**



### **Descrizione dei lavori**

L'intervento è così articolato:

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

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM7: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure inclinate (copertura)

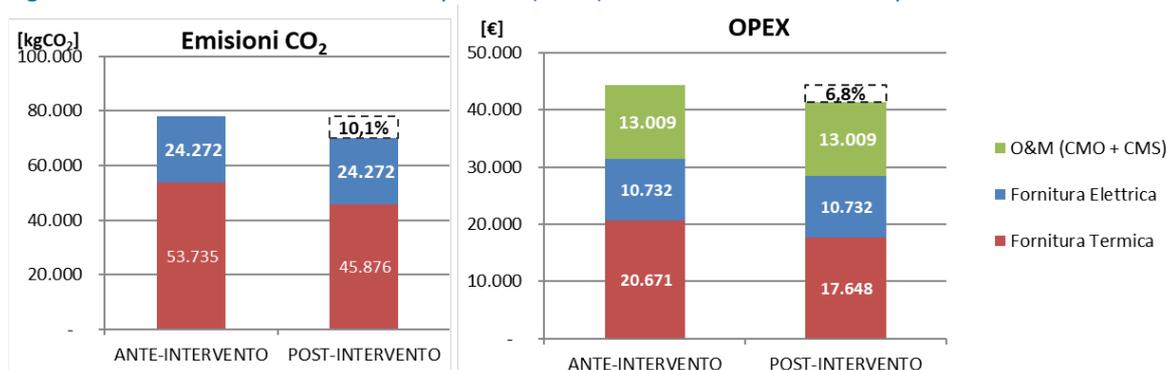
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM7 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,49	0,27	<b>81,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	229.288	<b>14,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	54.551	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	227.111	<b>14,6%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.975	51.975	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	45.876	<b>14,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	24.272	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>70.149</b>	<b>10,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	17.648	<b>14,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	10.732	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>28.380</b>	<b>9,6%</b>

C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	10.277	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	2.732	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>13.009</b>	<b>13.009</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>44.412</b>	<b>41.389</b>	<b>6,8%</b>
Classe energetica	[-]	C	C	stessa classe

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.7 – EEM7: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



#### **EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali ed inclinate (copertura)**

##### **Generalità**

Questo intervento è la somma dei due interventi EEM5 + EEM6. Pertanto si rimanda per le caratteristiche funzionali e la descrizione dei lavori alla lettura dei due precedenti paragrafi.

Di seguito si riportano le prestazioni raggiungibili.

##### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella seguente tabella

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali ed inclinate (copertura)

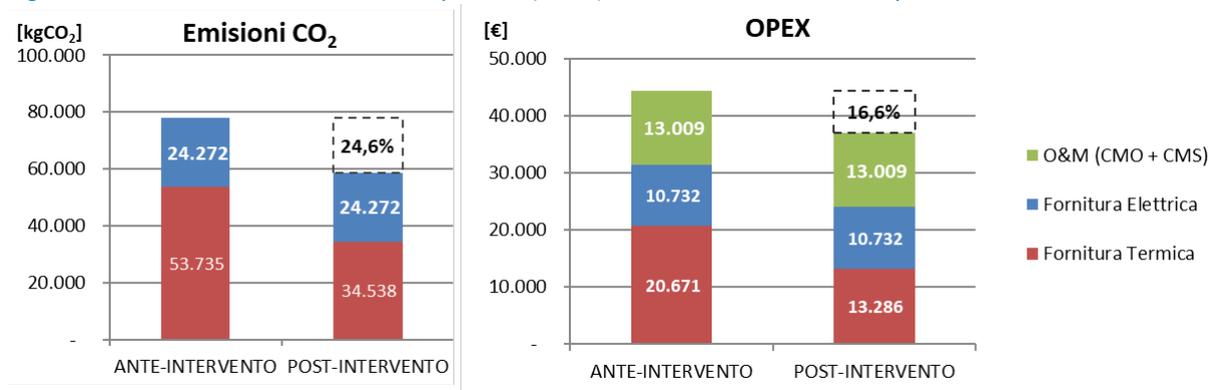
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,49	0,206	<b>86,2%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	172.621	<b>35,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	54.551	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	170.982	<b>35,7%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.975	51.975	<b>0,0%</b>
Emiss. CO <sub>2</sub> Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	34.538	<b>35,7%</b>
Emiss. CO <sub>2</sub> Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	24.272	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO<sub>2</sub> TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>58.811</b>	<b>24,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	13.286	<b>35,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	10.732	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>24.019</b>	<b>23,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	10.277	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	2.732	<b>0,0%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>[€]</b>	<b>13.009</b>	<b>13.009</b>	<b>0,0%</b>

OPEX	[€]	44.412	37.027	16,6%
Classe energetica	[-]	C	C	stessa classe

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

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



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

##### Generalità

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

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

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

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

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

Non è stato inserito tra le valutazioni progettuali l'intervento di sostituzione del generatore tradizione con una caldaia a condensazione ad alta efficienza, per i seguenti motivi:

- Una caldaia a condensazione, viste le temperatura di mandata e ritorno necessarie per garantire il comfort all'interno dei locali, non avrebbe potuto lavorare a regimi ottimali
- L'installazione della caldaia a condensazione non consentiva di raggiungere il salto di due classi APE come richiesto nel capitolato.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle

valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

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

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

### **Descrizione dei lavori**

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

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

Figura 8.9 –Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### **Prestazioni raggiungibili**

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

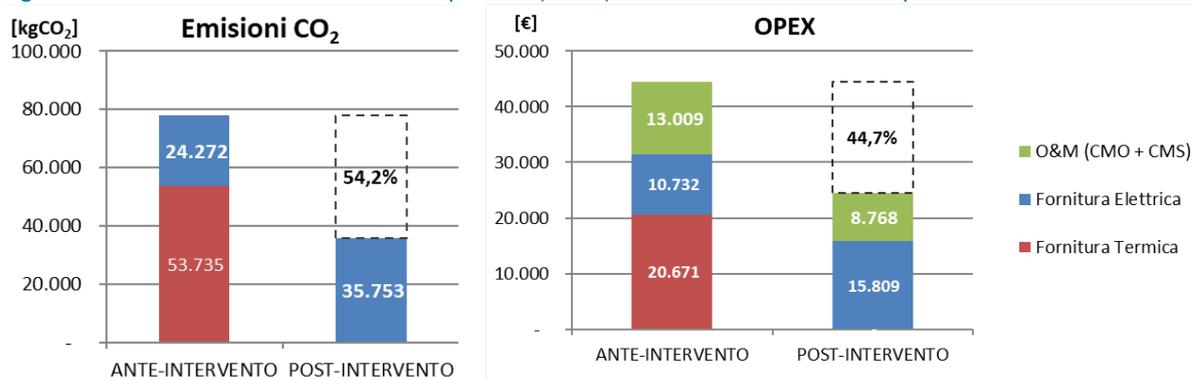
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 Rendimento	[%]	92,60%	420,00%	<b>-353,6%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	268.567		<b>100,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	54.551	80.354	<b>-47,3%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	266.017		<b>100,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	51.975	76.560	<b>-47,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735		<b>100,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	35.753	<b>-47,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>35.753</b>	<b>54,2%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	20.671		<b>100,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	10.732	15.809	<b>-47,3%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>15.809</b>	<b>49,7%</b>
$C_{MO}$	[€]	8.222	<b>20,0%</b>	8.222
$C_{MS}$	[€]	546	<b>80,0%</b>	546
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>8.768</b>	<b>32,6%</b>	<b>8.768</b>
OPEX	[€]	<b>24.576</b>	<b>44,7%</b>	<b>24.576</b>
Classe energetica	[-]	C	A	+2 classi

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Nota (3) La riduzione del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

 Figura 8.10 – EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


### **EEM8: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

#### **Generalità**

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

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

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

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

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

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

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

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

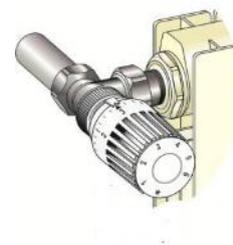
Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

### **Descrizione dei lavori**

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

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

Figura 8.11 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM8 sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM8: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore elettrica ed installazione delle termovalvole

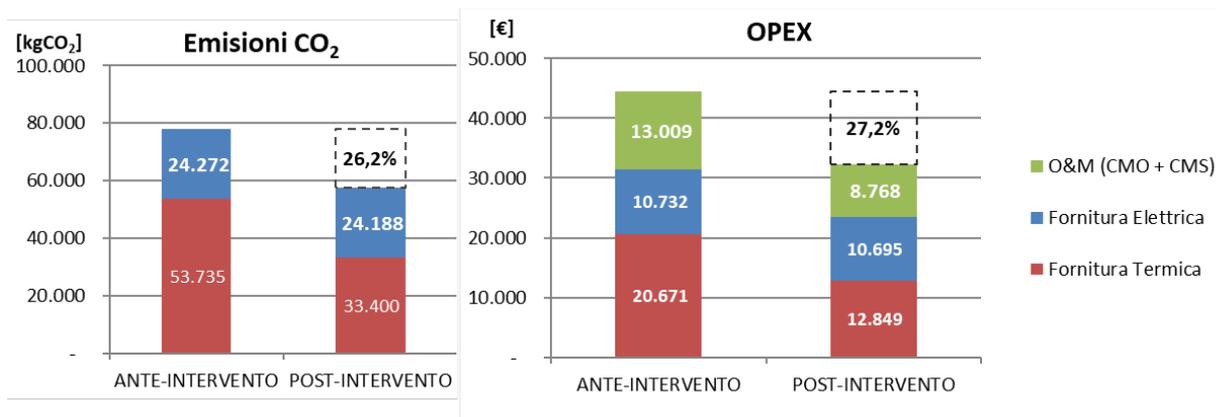
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Rendimento	[%]	92,60%	103,00%	<b>-11,2%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	268.567	166.933	<b>37,8%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	54.551	54.363	<b>0,3%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	266.017	165.348	<b>37,8%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	51.975	51.795	<b>0,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	33.400	<b>37,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	24.188	<b>0,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>57.589</b>	<b>26,2%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	20.671	12.849	<b>37,8%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	10.732	10.695	<b>0,3%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>23.544</b>	<b>25,0%</b>
$C_{MO}$	[€]	10.277	8.222	<b>20,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.732	546	<b>80,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>13.009</b>	<b>8.768</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>44.412</b>	<b>32.312</b>	<b>27,2%</b>
Classe energetica	[-]	C	C	Stessa classe

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Nota (3) La riduzione del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

 Figura 8.12 – EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

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

### 8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

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

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM1: relamping

##### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con tubi a led.

L'intervento comporta la sostituzione di tutte le lampade della scuola modificando gli apparecchi esistenti in funzione dei nuovi tubi a led.

Figura 8.13 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



#### Caratteristiche funzionali e tecniche

Per evidenziare la convenienza che si ha nell'uso della tecnologia a led si possono citare i seguenti aspetti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.

- Efficienza luminosa: l'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt [lm/W]. La tecnologia a **LED** proposta ha un'efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **111 lm/W**. In confronto le altre tecnologie hanno le seguenti efficienze:
  - 13 lm/W delle lampade ad incandescenza
  - 16 lm/W per le alogene
  - 50 lm/W per le fluorescenti (cosiddette a risparmio energetico)
  - 111 lm/W per i Led.
- Manutenzione: i costi per la manutenzione degli apparati di illuminazione a LED vengono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti di uso comune.
- Salubrità e rischio inquinamento: I LED non contengono gas nocivi alla salute; in tema poi di inquinamento luminoso il led brilla, ma non satura l'ambiente e nulle sono le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni

## Descrizione dei lavori

Per quanto riguarda il principio diverso tra NEON e LED per la sostituzione dei primi con i secondi bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED pretende i 220V diretti:

- 1) eliminare lo STARTER
- 2) eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

## Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella tabella che segue.

Figura 8.14 - Particolare schema collegamento tubi neon classici e tubo led

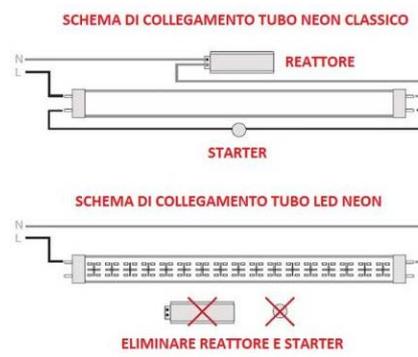


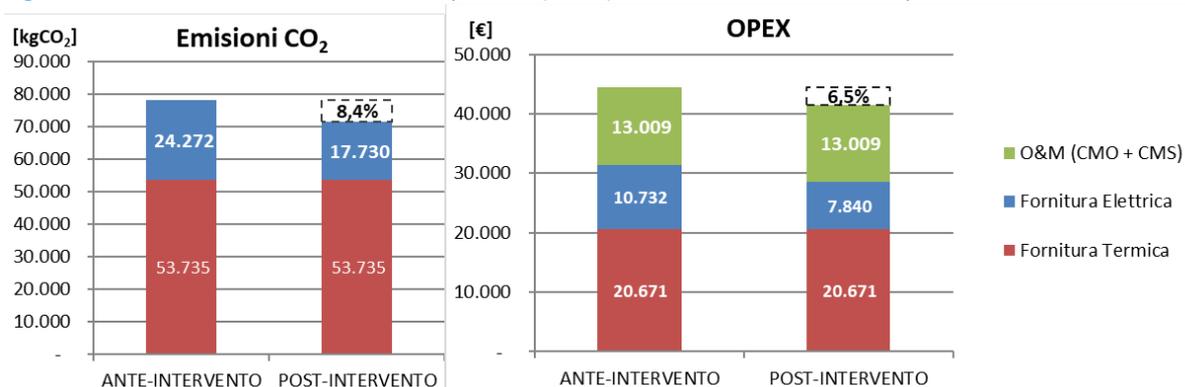
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM1: relamping

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 Efficienza luminosa	[lm/W]	86	110	-27,9%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	268.567	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	39.848	27,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	266.017	0,0%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.975	37.966	27,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	53.735	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	17.730	27,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>71.466</b>	<b>8,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	20.671	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	7.840	27,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>28.511</b>	<b>9,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	10.277	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	2.732	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	13.009	13.009	0,0%
OPEX	[€]	44.412	41.519	6,5%
Classe energetica	[-]	C	C	stessa classe

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

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.15 – EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### **8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili**

Nessuna EEM prevista. in quanto non sussistono le condizioni (architettoniche e normative/autorizzative) per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: relamping**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM1, che consiste nella sostituzione dei tubi fluorescenti con tubi a led.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: relamping

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 36 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	294	cad	7,45	6,77	1.991,18	22%	2.429,24
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 18 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	15	cad	6,79	6,17	92,59	22%	112,96
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 40 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	7	cad	10,85	9,86	69,05	22%	84,24
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 58 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	40	cad	9,85	8,95	358,18	22%	436,98
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento o Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	140	h	31,88	28,98	4.057,45	22%	4.950,09
Costi per la sicurezza	-	3%	%			197,05	22%	240,41
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			459,79	22%	560,95
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEM1)</b>						<b>7.225,3</b>	<b>22%</b>	<b>8.814,9</b>

Nota (27): si è considerata la sola sostituzione delle lampade senza i corpi illuminanti in considerazione dell'abbattimento dei costi di intervento; di conseguenza non si è potuto risalire ad un prezzo inserito in un prezziario ufficiale regionale; si è tuttavia selezionato un fornitore unico facilmente reperibile sul mercato italiano per la quotazione dei pezzi.

**EEM2: Sostituzione serramenti**

Nella tabella seguente è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nella sostituzione dei serramenti (chiusure verticali trasparenti verso esterno).

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2: sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno escluso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.110	677	mq	10,15	9,23	6.246,86	22%	7.621,17
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	677	mq	328,90	299,00	202.423,00	22%	246.956,06
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	677	mq	47,62	43,29	29.307,95	22%	35.755,69
Costi per la sicurezza	-	3%	%			7.139,33	22%	8.709,99
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			16.658,45	22%	20.323,30
<b>TOTALE (I0 – EEM2)</b>						<b>261.775,59</b>	<b>22%</b>	<b>319.366,22</b>

**EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

Nella tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard con una pompa di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0020.h	2	cad	44.304,35	40.276,68	80.553,36	22%	98.275,10
Kit idronico	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.b	2	cad	1.420,71	1.291,55	2.583,11	22%	3.151,39
Valvole micrometriche a squadra complete di testa	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	114	cad	35,42	32,20	3.670,80	22%	4.478,38

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm								
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m <sup>3</sup> /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.135	1	cad	2.999,95	2.727,23	2.727,23	22%	3.327,22
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	50,06	45,51	45,51	22%	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	41,25	22%	50,33
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.688,64	22%	3.280,14
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			6.273,49	22%	7.653,66
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEM3)</b>						<b>98.583,39</b>	<b>22%</b>	<b>120.271,74</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>64.079</b>		<b>78.177</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>12.815,8</b>		<b>15.635,4</b>

Tabella 9.4– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	65%

#### **EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)**

Nella tabella seguente è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell'isolamento sia delle chiusure verticali opache, sia di quelle orizzontali (combinazione dei singoli interventi EEM5 + EEM6).

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

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Cappotto pareti	v. tabella 9.6	-	-	-	-	<b>429.523,64</b>	22%	<b>524.018,84</b>
Isolamento Copertura piana <sup>(28)</sup>	v. tabella 9.7	-	-	-	-	<b>18.495,68</b>	22%	<b>22.564,73</b>
Isolamento Copertura inclinata <sup>(28)</sup>	v. tabella 9.8	-	-	-	-	<b>6.461,16</b>	22%	<b>7.882,62</b>
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEM4)</b>						<b>454.480,48</b>		<b>584.913,54</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>172.742</b>		<b>174.939</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>	<b>Incentivabili massimo € 400.000</b>					<b>34.548,4</b>		<b>34.987,8</b>

NOTA (28) importo al netto dei costi per i ponteggi, già compresi per la realizzazione del cappotto pareti

NOTA (29): prezzi di progettazione e sicurezza inclusi in ciascuna voce.

Per la definizione dei criteri di calcolo degli incentivi da Conto Termico si rimanda al calcolo dei costi e degli incentivi dei singoli interventi che seguono.

#### **EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)**

Nella tabella seguente è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nell'isolamento delle chiusure verticali opache.

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

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	4069	mq	13,98	12,71	51.713,29	22%	63.090,21
Pannelli rigidi in lana in polistirene espanso sinterizzato della densità di 10-13 kg/mc	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	4069x6	mq cm	0,33	0,30	7.324,20	22%	8.935,52
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria	4069	mq	21,79	19,81	80.603,19	22%	98.335,89

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
	- voce: 1.16.1. A10							
Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	4069	mq	5,32	4,84	19.679,16	22%	24.008,58
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	4069	mq	19,79	17,99	73.205,01	22%	89.310,11
Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	4069	mq	7,91	7,19	29.259,81	22%	35.696,97
Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	4069	mq	13,48	12,25	49.863,75	22%	60.833,77
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	4069	mq	5,98	5,44	22.120,56	22%	26.987,09
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	4069	mq	14,03	12,75	51.898,25	22%	63.315,86
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	4069	mq/mese	1,30	1,18	4.808,82	22%	5.866,76
Costi per la sicurezza	-	3%	%			11.714,28	22%	14.291,42
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			27.333,32	22%	33.346,65
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>- EEM5)</b>						<b>429.523,64</b>	<b>22%</b>	<b>524.018,84</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>162.760</b>		<b>162.760</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>	<b>Incentivo massimo su 400.000</b>					<b>32.552</b>		<b>32.552</b>

Tabella 9.7– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	100 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

**EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)**

Nella tabella seguente è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell’isolamento sia delle chiusure orizzontali opache.

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

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	506	mq	6,55	5,95	3.013,00	22%	3.675,86
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	506	mq	5,67	5,15	2.608,20	22%	3.182,00
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	506x12	mq cm	2,00	1,82	11.040,00	22%	13.468,80
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	132	mq	14,03	12,75	1.683,60	22%	2.053,99
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 550,34	22%	€ 671,42
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.284,14	22%	€ 1.566,65
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	506	mq	6,55	5,95	3.013,00	22%	3.675,86
<b>TOTALE (I0 – EEM6)</b>						<b>20.179,28</b>	<b>22%</b>	<b>24.618,72</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>8.072</b>		<b>9.847</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>1.614,4</b>		<b>1.969,4</b>

Tabella 9.9– Stima dell’incentivo da Conto Termico

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

### **EEM7: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure inclinate (copertura)**

Nella tabella seguente è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM7, che consiste nell’isolamento sia delle chiusure inclinate opache.

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

Tabella 9.10 – Analisi dei costi della EEM7: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure inclinate (copertura)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[€]	[€]

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa isolamento termo-acustico superfici inclinate (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A60.010	380	mq	8,89	8,08	3.071,09	22%	3.746,73
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	380	mq	5,67	5,15	1.958,73	22%	2.389,65
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	380	mq cm	2,00	1,82	690,91	22%	842,91
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	132	mq	14,03	12,75	1.683,60	22%	2.053,99
Costi per la sicurezza	-	3%	%			222,13	22%	271,00
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			518,30	22%	632,33
<b>TOTALE (I0 – EEM7)</b>						<b>8.144,76</b>	<b>22%</b>	<b>9.936,61</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>3.258</b>		<b>3.975</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>651.6</b>		<b>795</b>

Tabella 9.11– Stima dell’incentivo da Conto Termico

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

**EEM8: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

Nella tabella seguente è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM8, che consiste nell’isolamento sia delle chiusure inclinate opache.

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

Tabella 9.12 – Analisi dei costi della EEM8: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 275Kw	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B10.025	2	cad	12.523,50	11.385,00	22.770,00	22%	27.779,40
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm								
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	2	cad	146,74	133,40	266,80	22%	325,50
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m <sup>3</sup> km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	114	cad	35,42	32,20	3.670,80	22%	4.478,38
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	2	cad	€ 1.916,48	€ 1.742,25	€ 3.484,51	22%	4.251,10

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m <sup>3</sup> /h								
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	2	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 91,02	22%	111,04
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 986,27	22%	€ 1.203,25
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.301,30	22%	€ 2.807,59
<b>TOTALE (I0 – EEM7)</b>						<b>36.163,36</b>	<b>0,22</b>	<b>44.119,30</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>14.465</b>		<b>17.648</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>2.893</b>		<b>3.529,6</b>

Tabella 9.11– Stima dell’incentivo da Conto Termico

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

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

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

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell’importo incentivabile e l’analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati. In attuazione delle disposizioni di cui all’articolo 7, comma 6 del decreto legislativo 102/2014, le amministrazioni pubbliche che optino, anche per il tramite di una ESCO, per la procedura di prenotazione dell’incentivo del Conto Termico, possono richiedere l’erogazione di

una rata di acconto al momento della comunicazione dell'avvio dei lavori e di una rata di saldo a seguito della sottoscrizione della scheda-contratto. A tal fine, il GSE eroga la rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori suddetta. La rata di acconto è pari ai due quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell'incentivo è di cinque anni, ovvero al 50%, nel caso in cui la durata sia di due anni.

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, 25 anni per lo SCN1, o, 15 anni per SCN2;

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### **EEM1: relamping**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1:relamping

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	8.815
Oneri Finanziari % $_0$	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	8
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	3,2	3,2
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	3,5	3,5
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	7.295	7.295
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	23,7%	23,7%
Indice di profitto	<b>IP</b>	0,83	0,83

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

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

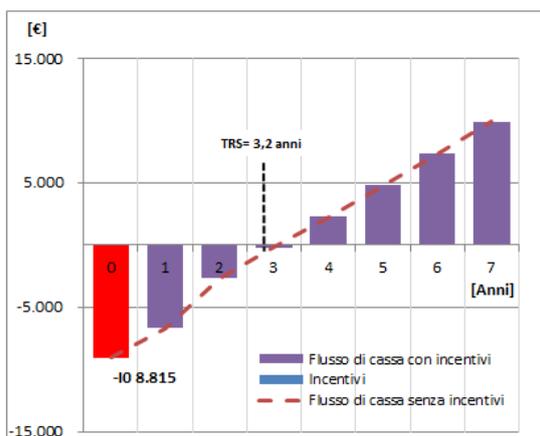
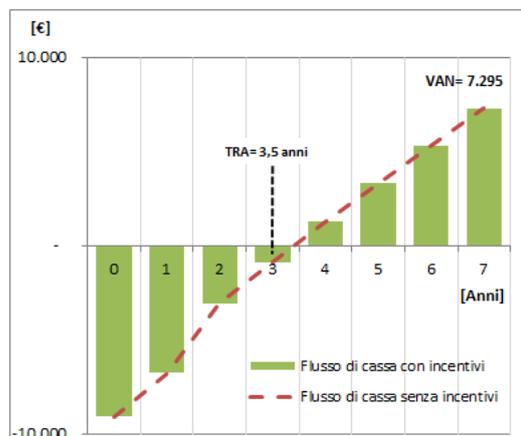


Figura 9.2 –EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento è poco costoso e si ripaga in tempo molto breve, producendo comunque un discreto risparmio energetico, che pure non stravolge le prestazioni del fabbricato e mantiene inalterata la classe energetica APE di appartenenza. Si consiglia dunque in ogni caso l’esecuzione dell’intervento, che sul lungo periodo risulta essere comunque discretamente vantaggioso.

### **EEM2: Sostituzione serramenti**

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

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2: sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	319.366
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	>30	>30
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	>30
Valore attuale netto	VAN	<0	<0
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,3%	-1,3%
Indice di profitto	IP	-0,47	-0,47

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle seguenti figure.

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

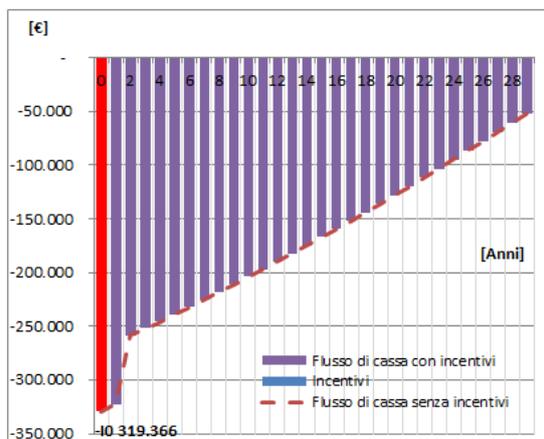
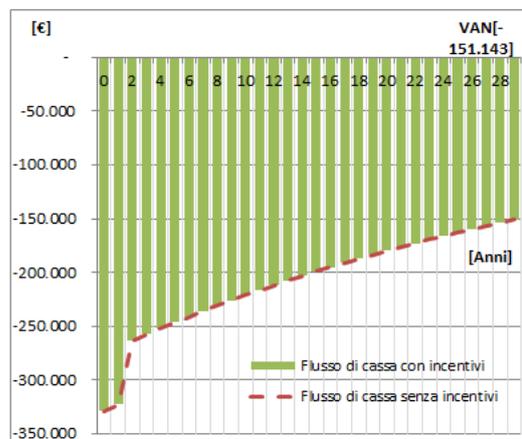


Figura 9.4 –EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento richiede un investimento molto importante, il quale presenta tempi di ritorno eccessivi e comunque non in linea con le richieste da capitolato, sia per i tempi di ritorno, sia per la classe energetica APE raggiungibile. L’intervento sarebbe comunque valido dal punto di vista dell’incremento del benessere termo-igrometrico percepito dagli utenti, soprattutto in abbinamento con interventi sull’involucro opaco.

### **EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	120.272
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	15.635
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	6,2	3,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,4	3,6
Valore attuale netto	VAN	80.928	150.534
Tasso interno di rendimento	TIR	13,3%	24,2%
Indice di profitto	IP	0,67	1,25

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle seguenti figure.

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

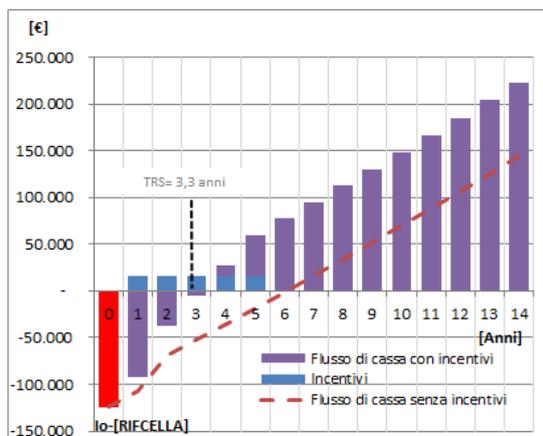
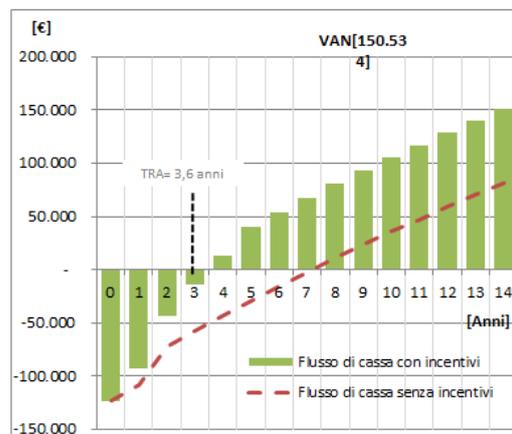


Figura 9.6 –EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dei singoli interventi analizzati, quello sull'impianto risulta essere il più vantaggioso dal punto di vista costi-benefici e rispetta completamente le richieste del capitolato, sia per i tempi di ritorno ridotti, sia per il raggiungimento di un significativo salto di classi energetiche valutate in condizioni standard (APE). Si consiglia pertanto di eseguire l'intervento, anche se emerge comunque che questo potrebbe essere abbinato, anche al di fuori del capitolato, ad interventi sull'involucro, aventi lo scopo di ridurre realmente i consumi, anziché solamente migliorare le prestazioni impiantistiche.

#### **EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali ed inclinate (copertura)**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali ed inclinate (copertura)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	584.914
Oneri Finanziari % $l_0$	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	34.988
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	>30	>30
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	>30
Valore attuale netto	VAN	<0	<0
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,7%	-2,2%
Indice di profitto	IP	-0,66	-0,39

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

Figura 9.7 –EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

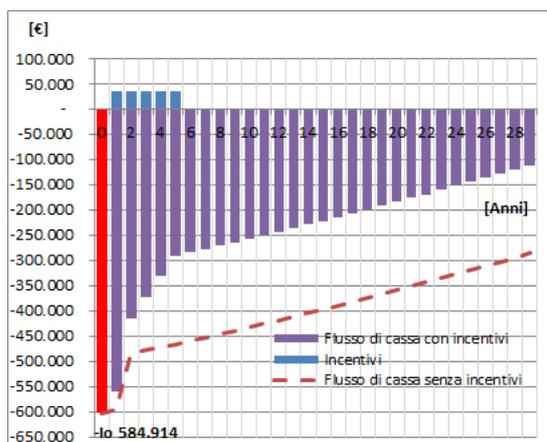
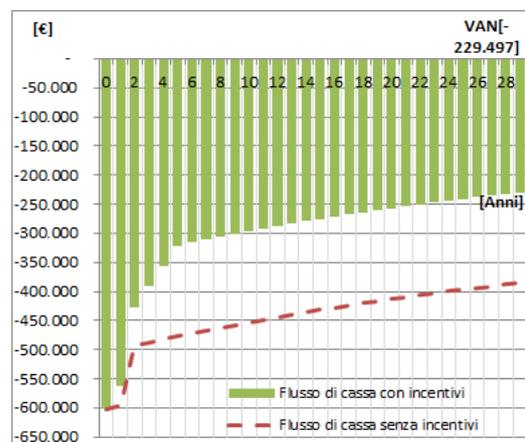


Figura 9.8 –EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Questo intervento rappresenta un considerevole impegno economico, con tempi di ritorno superiori alle richieste da capitolato, ma ancora ragionevoli in un’ottica di lungo periodo e di voler effettivamente ridurre i consumi dell’organismo edilizio, oltre che incrementare considerevolmente la percezione di benessere da parte degli occupanti. Pertanto si raccomanda di prendere comunque in considerazione la possibilità di eseguire tale intervento, oppure almeno uno dei due successivi EEM5 ed EEM6 di cui EEM4 rappresenta la somma.

#### **EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)**

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	524.019
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	32.552
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	96,6	49,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	125,6	59,1
Valore attuale netto	VAN	- 410.869	- 265.953
Tasso interno di rendimento	TIR	-	-6,3%
Indice di profitto	IP	-0,78	-0,51

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle seguenti figure.

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

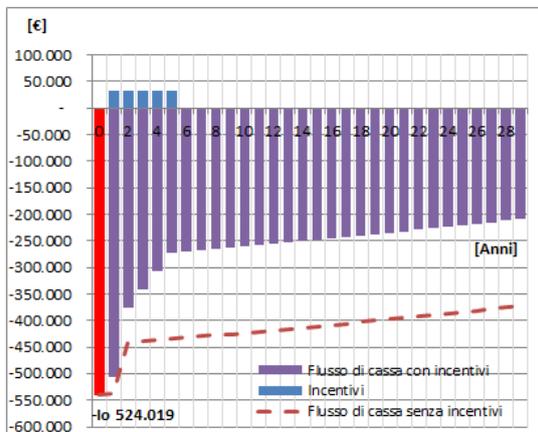
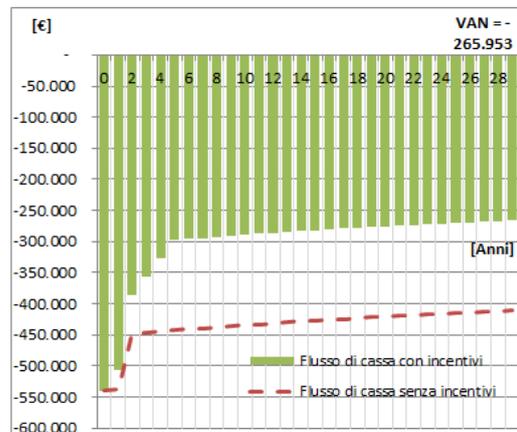


Figura 9.10 –EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Analogamente alle considerazioni espresse per il precedente intervento EEM4, pur configurandosi EEM5 come avente tempi di ritorno superiori alla richiesta da capitolato ed un miglioramento pari ad una sola classe energetica, si suggerisce di prendere in considerazione tale proposta per un'eventuale realizzazione avente finalità sul lungo periodo.

### **EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	24.619
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	1.969
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,4	6,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,5	9,6
Valore attuale netto	VAN	9.778	18.545
Tasso interno di rendimento	TIR	7,2%	11,4%
Indice di profitto	IP	0,40	0,75

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

Figura 9.11 –EEM6: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

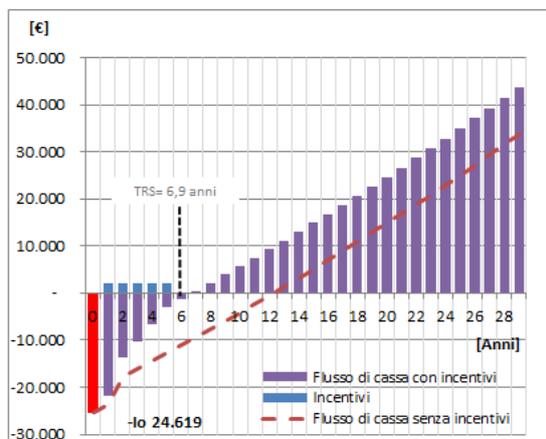
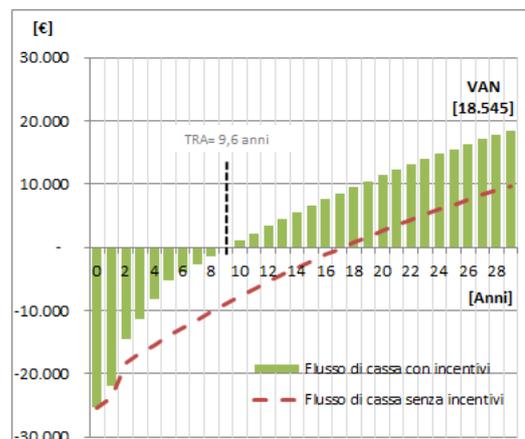


Figura 9.12 –EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Analogamente alle considerazioni espresse per i precedenti interventi EEM4 ed EEM5, si sottolinea la valenza di questa tipologia di interventi aventi scopo di migliorare il benessere degli utenti, oltre che ridurre i consumi. Tale intervento è stato per questo motivo mantenuto nello scenario SCN2, di cui si tratterà nel seguente capitolo 9.3.

### **EEM7: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure inclinate (copertura)**

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM7

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	9.937
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	795
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	3,4	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,7	2,8
Valore attuale netto	VAN	40.420	43.959
Tasso interno di rendimento	TIR	28,6%	34,7%
Indice di profitto	IP	4,07	4,42

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

Figura 9.13 –EEM6: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

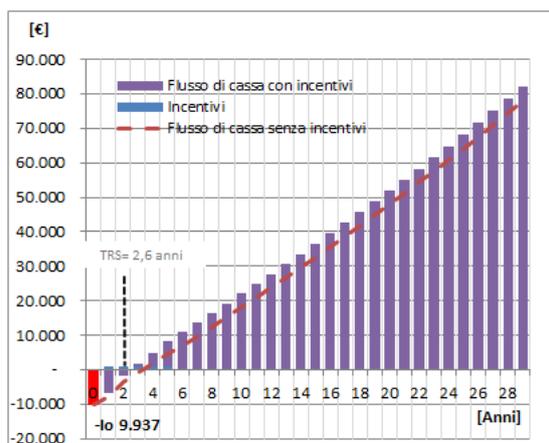
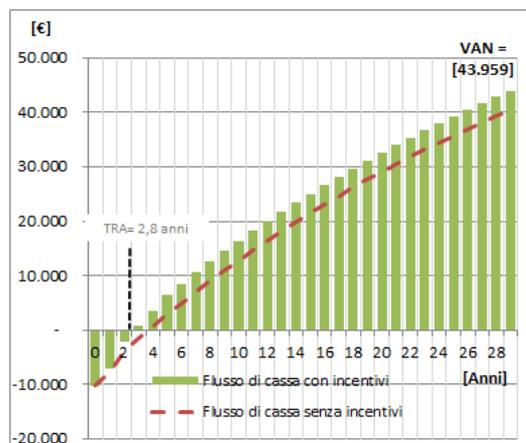


Figura 9.14 –EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Analogamente alle considerazioni espresse per i precedenti interventi EEM4 ed EEM5, si sottolinea la valenza di questa tipologia di interventi aventi scopo di migliorare il benessere degli utenti, oltre che ridurre i consumi. Tale intervento è stato per questo motivo mantenuto nello scenario SCN2, di cui si tratterà nel seguente capitolo 9.3.

### **EEM8: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM8 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM8: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	44.119
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	3.530
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	3,7	2,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,3	3,2
Valore attuale netto	VAN	73.879	89.592
Tasso interno di rendimento	TIR	24,5%	31,1%
Indice di profitto	IP	1,67	2,03

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

Figura 9.15 –EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

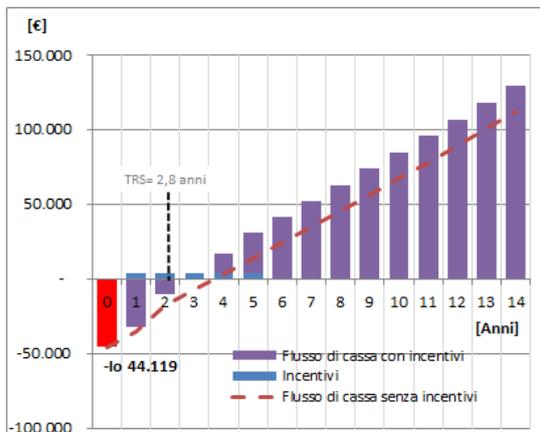
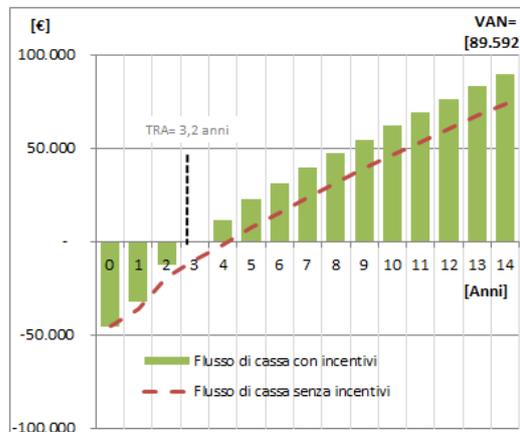


Figura 9.16 –EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dei singoli interventi analizzati, quello sull'impianto risulta essere il più vantaggioso dal punto di vista costi-benefici e rispetta completamente le richieste del capitolato, sia per i tempi di ritorno ridotti, sia per il raggiungimento di un significativo salto di classi energetiche valutate in condizioni standard (APE). Si consiglia pertanto di eseguire l'intervento, anche se emerge comunque che questo potrebbe essere abbinato, anche al di fuori del capitolato, ad interventi sull'involucro, aventi lo scopo di ridurre realmente i consumi, anziché solamente migliorare le prestazioni impiantistiche.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nella Tabella 9.12 e nella Tabella 9.13.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	9%	8%	2.893			8.815	3,20	3,51	8	7.295	24%	0,83
EEM 2	24%	26%	7.685			319.366	>30	>30	30	<0	-1%	-0,47
EEM 3	50%	54%	15.595	2.055	2.185	120.272	6,18	7,36	15	80.928	13%	0,67
EEM 4	24%	25%	7.385			584.914	>30	>30	30	<0	-5%	-0,66
EEM 5	8,2%	8,5%	2.561			524.019	>30	>30	30	<0	-	-0,78
EEM 6	6%	6%	1.915			24.619	>30	>30	30	9.778	7%	0,40
EEM 7	10%	10%	3.023			9.937	3,41	3,75	30	40.420	29%	4,07
EEM 8	25%	26%	7.860	2.055	2.185	44.119	3,74	4,31	15	73.879	24%	1,67

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 CO<sub>2</sub> rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta C_E$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta C_{MO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta C_{MS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

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

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

CON INCENTIVI												
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	9%	8%	2.893			8.815	3,20	3,51	8	7.295	24%	0,83
EEM 2	24%	26%	7.685			319.366	>30	>30	30	<0	-1%	-0,47
EEM 3	50%	54%	2.545	2.055	2.185	120.272	3,28	3,61	15	150.534	24%	1,25
EEM 4	24%	25%	7.385			584.914	>30	>30	30	<0	-2,19%	-0,39
EEM 5	8%	9%	2.561			524.019	>30	>30	30	<0	-6%	-0,51
EEM 6	6%	6%	1.915			24.619	6,88	9,60	30	18.545	11%	0,75
EEM 7	10%	10%	3.023			9.937	2,60	2,82	30	43.959	35%	4,42
EEM 8	25%	26%	7.860	2.055	2.185	44.119	2,79	3,19	15	89.592	31%	2,03

Dall’analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico, emerge che i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono, chiaramente in modo proporzionale rispetto ai tempi di ritorno senza incentivi. Tuttavia emerge che la premialità relativa agli impianti termici si riduce per interventi combinati involucro + impianto, data la minore percentuale di incentivo che si riduce dal 65% al 55%, ma vi è maggiore sostegno per quanto riguarda l’intervento sulle componenti di involucro, le quali risultano essere incentivate anch’esse al 55% anziché al 40%.

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

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

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

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

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

Dove:

- $Kd$  è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- $Ke$  è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- $D$  è il Debito, pari a 80% di  $I_0$
- $E$  è l'Equity, pari a 20% di  $I_0$
- $\frac{D}{D+E}$  è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- $\tau$  è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per gli scenari ottimali, si è quindi proceduto ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell'investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;
- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

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

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

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

Dove:

- $s$  è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$  è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- $FCO_n$  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 - SCN2: EEM1 + EEM8:** Tale scenario consiste nella sostituzione di tutte le lampade con sorgenti luminose a LED e nella riqualificazione impiantistica dell'impianto di climatizzazione invernale, sostituendo la caldaia tradizionale con una caldaia a condensazione ed installando le termovalvole sui radiatori esistenti.
- **Scenario 2 - SCN1: EEM1 + EEM6 + EEM7 + EEM8:** Tale scenario consiste nella realizzazione di un intervento di relamping, comunque consigliato, affiancato da una riqualificazione impiantistica e di involucro: sostituzione caldaia tradizione con una caldaia a condensazione ed installazione termo valvole, coibentazione copertura. Si è scelto quest'ultimo interventi sull'involucro, per rimanere entro le richieste di capitolato.

### 9.3.1 Scenario 1 - SCN1: EEM1 + EEM8

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

**EEM1: relamping**

**EEM8: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	6.568,45	1445,06	8.013,51
EEM8 Fornitura & Posa	32.875,78	7232,672	40.108,45
Costi per la sicurezza	1.183,33	260,33196	1.443,66
Costi per la progettazione	2.761,10	607,44124	3.368,54
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>43.388,66</b>	<b>9.545,51</b>	<b>52.934,17</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
EEM1 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	2.055	2.185	4.240
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.055</b>	<b>2.185</b>	<b>4.240</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
<b>Incentivi</b>	<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>14.645</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>	<b>Incentivo annuo</b>		<b>2.929</b>

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

Figura 9.17 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

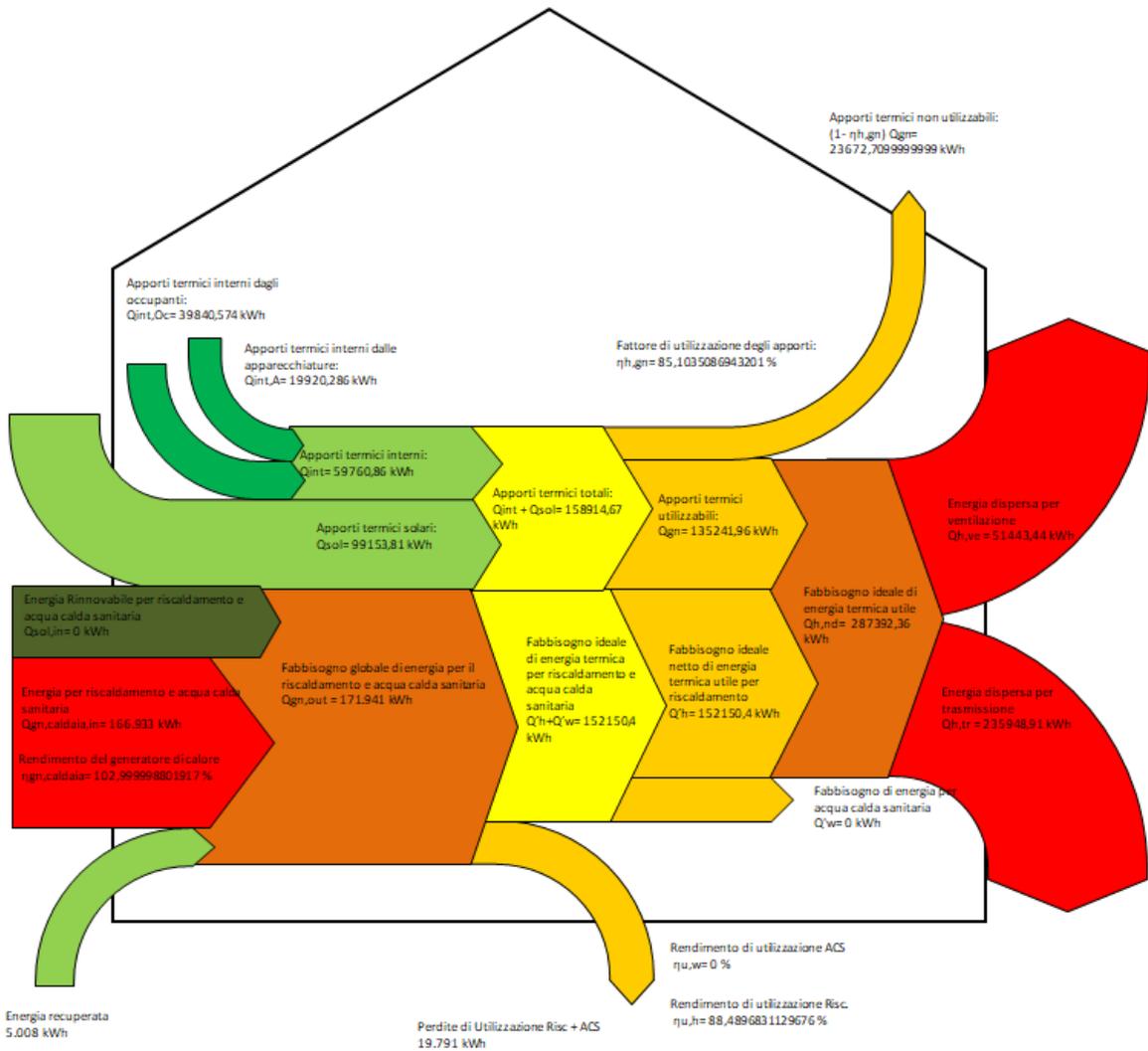
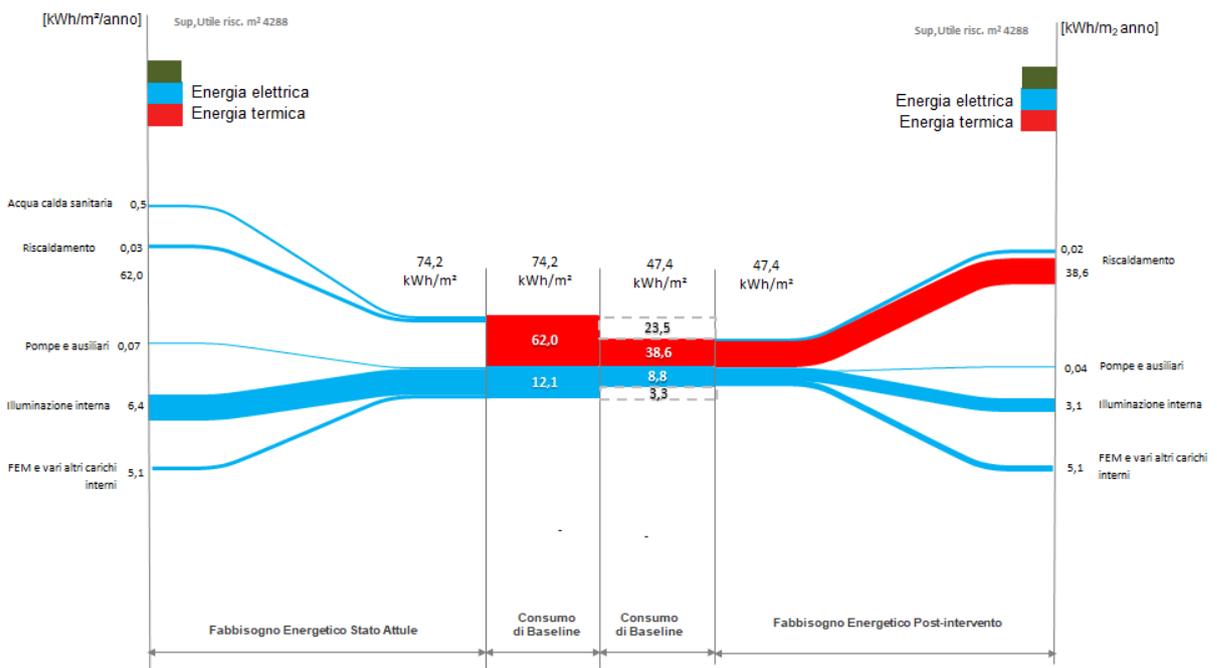


Figura 9.18 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



Dai grafici appena riportati si evince come lo scenario ipotizzato permetta l’azzeramento dei consumi di metano a scapito di un leggero aumento del consumo elettrico.

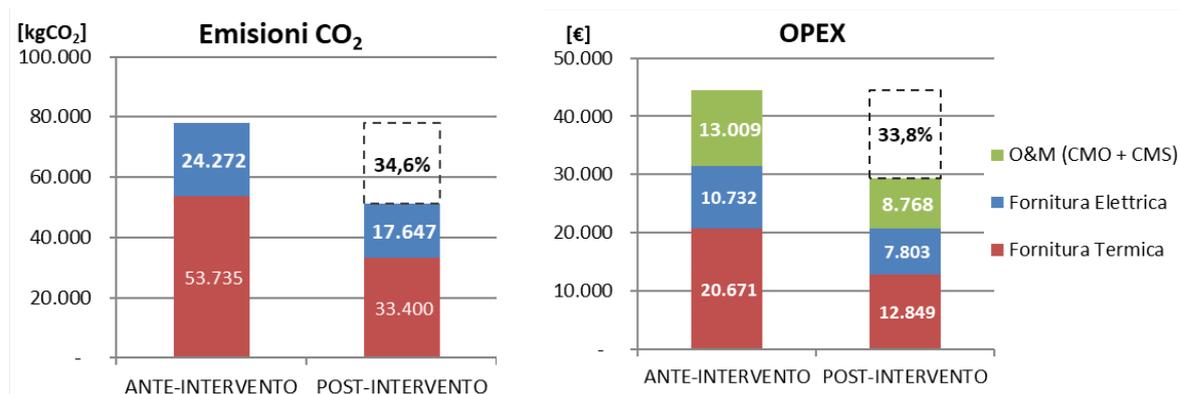
Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Efficienza luminosa	[lm/W]	86	110	<b>-27,90%</b>
EEM8 rendimento	[%]	92,60%	103,00%	<b>-11,2%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	166.933	<b>37,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	39.660	<b>27,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	165.348	<b>37,8%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	51.975	37.787	<b>27,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	33.400	<b>37,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	17.647	<b>27,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>51.047</b>	<b>34,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	12.849	<b>37,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	7.803	<b>27,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>20.651</b>	<b>34,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	8.222	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	546	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>13.009</b>	<b>8.768</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>44.412</b>	<b>29.419</b>	<b>33,8%</b>
Classe energetica	[-]	C	C	stessa classe

Nota (1): I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

Nota (2): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.19 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



E’ stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all’Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.

I risultati dell’analisi sono riportati nella Tabella 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN1

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

Anni Costruzione	$n_1$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	5
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_D$	€ 52.934
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.588
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 54.522
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 43.618
Equity	$I_E$	€ 10.904
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	4,55
Rata annua debito	$q_D$	€ 9.596
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 47.982
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 4.364

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 25.740
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 10.663
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 36.403
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	34,2%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 10.392
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.820
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 87.388
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 14.693
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	156,15%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 6.081
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 312
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 2.179
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€ 7.462

Canone Energia €/anno	CnE	€	18.548
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	26.011
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	8.572
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	<b>34.583</b>
Aliquota IVA %	IVA		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€	9.546
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€	14.465
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.17 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		<b>4,75</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		<b>5,18</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	<b>59.322</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		<b>21,88%</b>
Indice di Profitto	IP		<b>112,07%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		<b>2,22</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		<b>2,57</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	<b>40.344</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		<b>57,86%</b>
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		<b>1,256</b>
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		<b>3,744</b>
Indice di Profitto Azionista	IP		<b>76,21%</b>

Figura 9.20 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.21 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

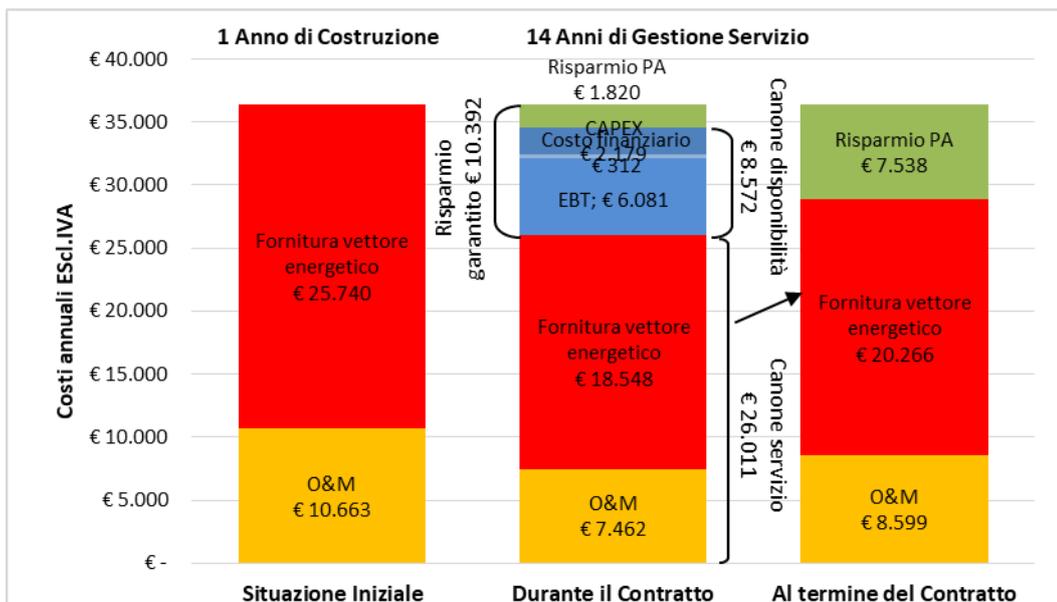


Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno semplice di 4,29 anni ed uno attualizzato di 4,63 anni ma non permette un miglioramento di classe.

Il miglioramento di classe, come si vede dai paragrafi precedenti dei singoli interventi, si ottiene solo con la sostituzione del generatore attuale con una Pompa di Calore, ma vista la tipologia di edificio e lo scarso beneficio degli interventi di isolamento dell’involucro, tale tipo di intervento non risulta consigliabile.

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 9.28.

Figura 9.22 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2 - SCN1: EEM1 + EEM6 + EEM7 + EE8

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

**EEM1: relamping**

**EEM6 e 7: Isolamento della copertura piana ed inclinata**

**EEM8: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	6.568,45	1.445,06	8.013,51
EEM6 Fornitura & Posa	18.344,80	4.035,86	22.380,66
EEM7 Fornitura & Posa	5.720,73	1.258,56	6.979,29
EEM8 Fornitura & Posa	32.875,78	7.232,67	40.108,45
Costi per la sicurezza	1.905,29	419,16	2.324,46
Costi per la progettazione	4.445,68	978,05	5.423,73
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>69.860,74</b>	<b>15.369,36</b>	<b>85.230,10</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM8 O&M	1.134	1.206	2.340
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>1.134</b>	<b>1.206</b>	<b>2.340</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	<b>26.121</b>	
Durata incentivi		<b>5</b>	
Incentivo annuo		<b>5.244,2</b>	

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

Figura 9.23 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

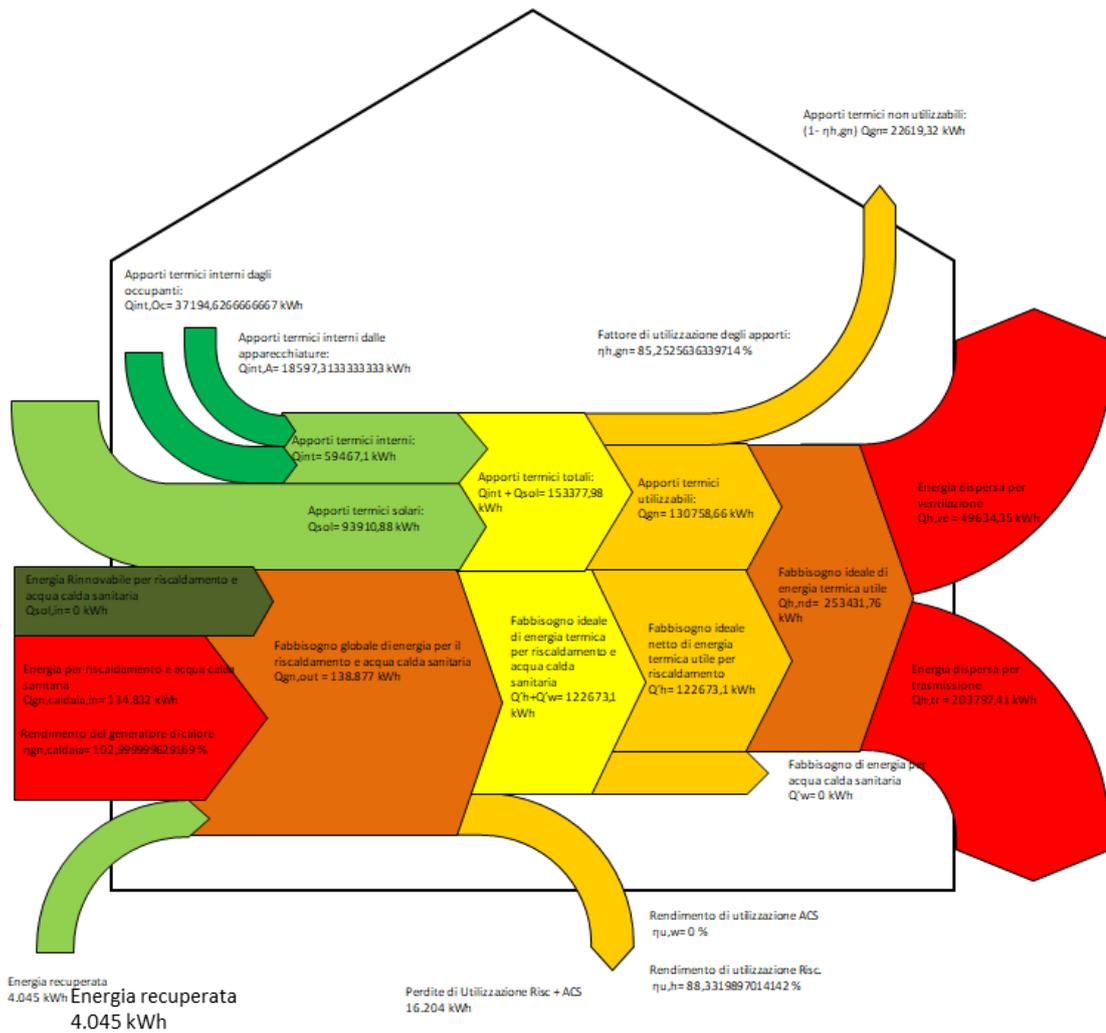
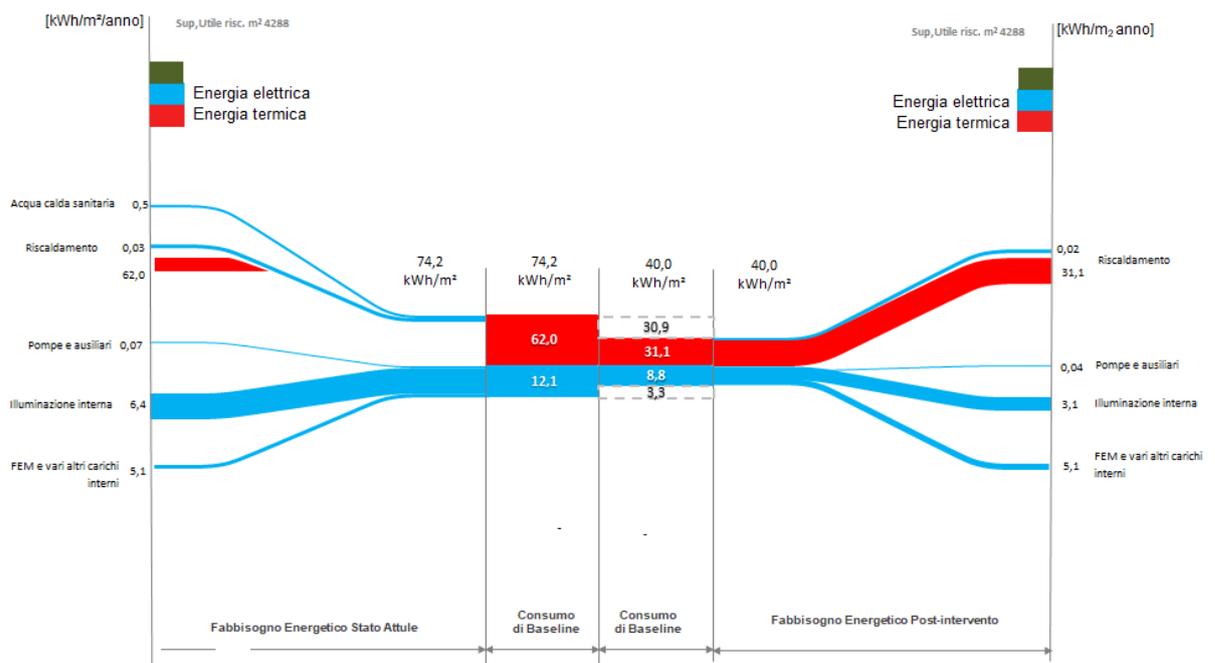


Figura 9.24 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



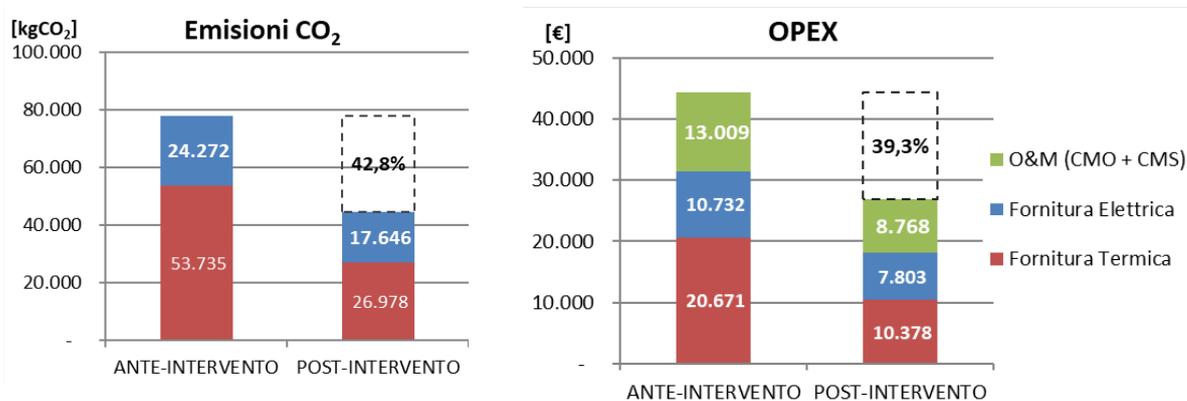
Dai grafici appena riportati si evince come lo scenario ipotizzato permetta una diminuzione del fabbisogno energetico, l'azzeramento dei consumi di metano ed un leggero risparmio sui consumi elettrici.

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Efficienza luminosa	[lm/W]	86	110	<b>-27,90%</b>
EEM6 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,49	0,27	<b>81,9%</b>
EEM7 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,49	0,27	<b>81,9%</b>
EEM3 Rendimento	[%]	92,60%	103,00%	<b>-11,23%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	268.567	134.832	<b>49,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	54.551	39.660	<b>27,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	266.017	133.552	<b>49,8%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.975	37.787	<b>27,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	53.735	26.978	<b>49,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.272	17.646	<b>27,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>78.008</b>	<b>44.624</b>	<b>42,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	20.671	10.378	<b>49,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	10.732	7.803	<b>27,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>31.403</b>	<b>18.180</b>	<b>42,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.277	8.222	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.732	546	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>13.009</b>	<b>8.768</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>44.412</b>	<b>26.948</b>	<b>39,3%</b>
Classe energetica	[-]	C	B	+ 1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

Nota (2):I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.25 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.19 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	$n_i$		<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	$n_s$		<b>24</b>
Anni Concessione	$n$		<b>25</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>5</b>
Anni Equity	$n_E$		<b>24</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€	<b>85.230</b>
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>		<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€	2.557
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€	<b>87.787</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>		<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>		<b>20,00%</b>
Debito	$I_D$	€	70.230
Equity	$I_E$	€	17.557
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>		<b>4,55</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	15.451
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	77.256
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€	7.027

Tabella 9.20 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	25.740
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	10.663
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	<b>36.403</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>		<b>42,1%</b>
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>		<b>32,6%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%<math>C_{baseline}</math></b>		<b>5,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>11.382</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	1.820

Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€ 206.877
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€ 19.302
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	<b>200,68%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	€ 7.341
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	€ 293
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	€ 1.929
Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	€ 7.654
Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	€ 17.367
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>CnS</b>	€ 25.021
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>CnD</b>	€ 9.562
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>Cn</b>	€ <b>34.583</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€ 15.369
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€ 26.121
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno		<b>2022</b>

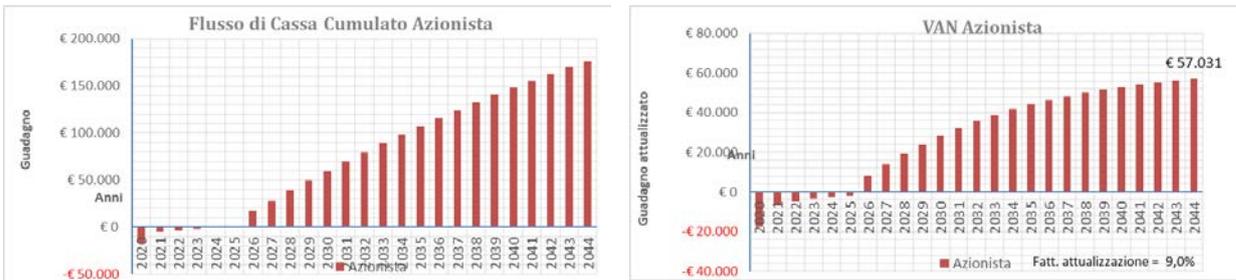
Tabella 9.21 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>5,54</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>6,15</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>102.059</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>17,90%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>119,75%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>5,45</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>6,19</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>57.031</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>37,52%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,098</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>4,230</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>66,91%</b>

Figura 9.26 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



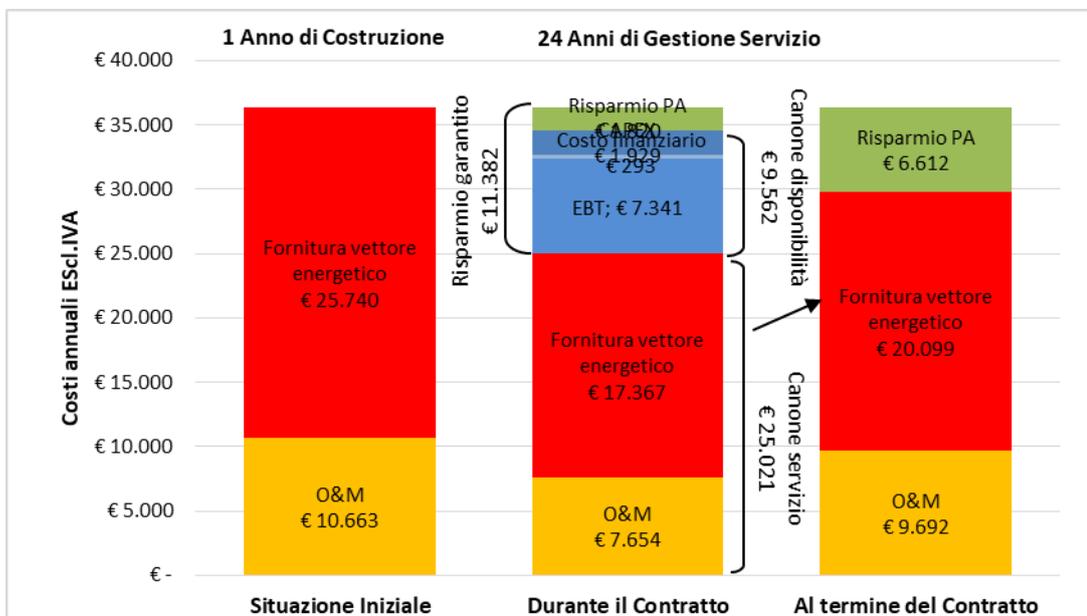
Figura 9.27 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno semplice di 14,24 anni ed uno attualizzato di poco inferiore ai 25 anni garantendo un doppio salto di classe.

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 9.28.

Figura 9.28 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è BUONO per l'indice  $IEN_R$ , mentre per l'indice  $IEN_E$  è variabile tra buono e insufficiente, a seconda dell'anno e a seconda del grado di istruzione preso in considerazione.

COMBUSTIBILE	$IEN_R$			$IEN_E$		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	5,956	5,942	5,979			
Energia elettrica				8,42	8,75	11,87

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

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha dato come risultato ottimale, in termini di salto di classe energetica e remuneratività dell'investimento, lo Scenario 2, in quanto rientra in un tempo di ritorno inferiore ai 15 anni con un notevole risparmio energetico e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	CON INCENTIVI												
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 2	42%	43%	13.223	2.055	2.185	85.230	5,45	6,19	-	57.031	37%	0,67	1,1

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

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

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

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

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da cercare di rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni). Tuttavia l'unico modo per soddisfare il requisito relativo al salto di classe sarebbe l'installazione di una pompa di calore, che, visto la tipologia di edificio e di terminali di erogazione del calore, non rappresenta la soluzione più adatta da un punto di vista tecnico. Si è pertanto ipotizzato una riqualificazione della centrale termica mediante la sostituzione della vecchia caldaia con una nuova caldaia a condensazione congiuntamente con l'installazione di valvole termostatiche. Questo tipo di intervento pur non permettendo il salto di classe efficiente notevolmente l'edificio riducendo i consumi attuali.

Nel caso si volesse procedere alla sostituzione della vecchia caldaia con una pompa di calore si suggerisce per optare per una riqualificazione impiantistica completa (contestuale adeguamento di

tutti i sottosistemi impiantistici connessi) che comporterebbe da un lato di rendere l'impianto tecnicamente efficiente ma dall'altro precederebbe un esborso economico sicuramente non vantaggioso in termini di tempo di ritorno e VAN.

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

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

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento.

## ALLEGATO A –ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01577
02	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO/GIARDINO	10/1997	E01577S
03	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	11/1999	PIAN1
04	TAVOLA PIANO 2 EDIFICIO	11/1999	PIAN2
05	TAVOLA PIANO 3 EDIFICIO	11/1999	PIAN3
06	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	11/1999	PIANC
07	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	11/1999	PIANT
08	TAVOLA ALLOGGIO	11/1999	UIU002
09	SCHEDA CENTRALE TERMICA	06/2017	140-P00-007-CENTRALE TERMICA
10	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-140-P00
11	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-140-P01
12	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-140-P02
13	CENSIMENTO PIANO 3	06/2017	L1-042-140-P03
14	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-140-P00 - Checklist
15	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-140-P01 - Checklist
16	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-140-P02 - Checklist
17	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	05/2017	L1-042-140-P03 – Checklist
18	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065495
19	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098218
20	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134957
21	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176145
22	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700214975
23	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248944
24	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291206
25	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345541
26	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373449
27	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411327
28	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750081967
29	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700493139
30	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544142
31	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140844
32	FATTURA DEL 07/07/2015	09/2017	2015-E000140846
33	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163929
34	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175672
35	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337522
36	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234065
37	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281520
38	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386676
39	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281520
40	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432863
41	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483582
42	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018557
43	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163929
44	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084135
45	FATTURA DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310245
46	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150590
47	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084136
48	FATTURA DEL 26/04/2016	01/2018	2016-E000218121
49	FATTURA DEL 26/04/2016	01/2018	2016-E000218120
50	FATTURA DEL 01/06/2016	01/2018	2016-E000278554
51	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334604
52	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238237
53	FATTURA DEL 01/06/2016	01/2018	2016-E000278554

54	FATTURA DEL 25/05/2016	01/2018	2016-011640018115
55	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025276
56	FATTURA DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087947
57	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074903
58	FATTURA DEL 19/12/2016	01/2018	2016-011640126640
59	FATTURA DEL 15/11/2016	01/2018	2016-011640100078
60	FATTURA DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011740042571
61	FATTURA DEL 16/02/2017	01/2018	2016-011740023038
62	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001581
63	FATTURA DEL 25/07/2014	03/2014	2014-20141121853
64	FATTURA DEL 25/08/2015	03/2015	2015-20151730
65	FATTURA DEL 15/07/2015	03/2015	2015-P150007518
66	FATTURA DEL 18/08/2015	03/2015	2015-P150015576
67	FATTURA DEL 16/09/2015	03/2015	2015-P150019771
68	FATTURA DEL 16/10/2015	03/2015	2015-P150032667
69	FATTURA DEL 16/11/2015	03/2015	2015-P150037967
70	FATTURA DEL 17/08/2015	03/2015	2015-20151345
71	FATTURA DEL 16/12/2015	03/2015	2015-P150048624
72	FATTURA DEL 19/01/2016	03/2015	2015-P150003881
73	FATTURA DEL 16/02/2016	09/2017	2016-P160012671
74	FATTURA DEL 16/03/2016	09/2017	2016-P160023980
75	FATTURA DEL 15/04/2016	09/2017	2016-P160031417
76	FATTURA DEL 06/05/2016	09/2017	2016-EX15066/2016
77	FATTURA DEL 18/05/2016	09/2017	2016-P160041242
78	FATTURA DEL 10/06/2016	09/2017	2016-EX19107/2016
79	FATTURA DEL 04/07/2016	09/2017	2015-EX22893/2016
80	FATTURA DEL 19/07/2016	09/2017	2015-P160053190
81	FATTURA DEL 08/08/2016	09/2017	2015-EX26900/2016
82	FATTURA DEL 05/09/2016	09/2017	2015-EX31010/2016
83	FATTURA DEL 06/10/2016	09/2017	2015-EX33534/2016
84	FATTURA DEL 14/11/2016	09/2017	2015-EX38844/2016
85	FATTURA DEL 12/12/2016	09/2017	2015-EX43773/2016
86	FATTURA DEL 10/01/2017	09/2017	2015-EX03011/2017

## ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P00	02/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP00
02	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P01	02/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP01
03	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P02	02/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP02
04	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P03	02/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP03
05	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura elettrica	03/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
06	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura gas	03/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraGas
07	ALLEGATO B – DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
08	ALLEGATO B – DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1577 Grafici_Template_rev13

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

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

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

### RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

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

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

### STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

#### MISURE METRICHE

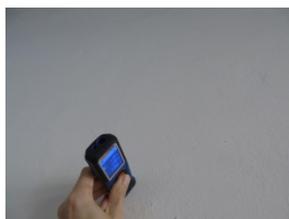
##### **Distanziometro e bindella metrica**

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

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

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

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



##### **Spessivetro**

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

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

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



#### MISURE ILLUMINOTECNICHE

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

#### ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

#### RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

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

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

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

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

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

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

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

#### RILIEVI TERMOIGROMETRICI

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

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

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

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

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



#### MISURE ELETTRICHE

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

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoK-SchedeOre

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	03/2018	DE_Lotto.2-E1577_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

## ALLEGATO N – CD-ROM