

# SCUOLA MATERNA TOLLOT OCCIDENTALE E1824

SALITA DEGLI ANGELI n° 62

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# SCUOLA MATERNA TOLLOT OCCIDENTALE E1824

SALITA DEGLI ANGELI n° 62

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Marzo 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

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> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.8. ....</b>	<b>21</b>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	24
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>25</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	33
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>37</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>43</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	43
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	43



7.1.2	Vettore elettrico.....	45
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	49
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>52</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	60
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	65
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....	65
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	66
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	68
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>69</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	69
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	76
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	86
9.3.1	<i>Scenario 1: SCN1</i> .....	88
9.3.2	<i>Scenario 2: SCN2</i> .....	93
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>99</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	99
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	99
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	99
<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>A</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1942
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> ]	739
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	1.855
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	4.473
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	948,13
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	662,61
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.610,74
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	120-150
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0,0
Tipo di combustibile		Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	20,01
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>rt</sub> /anno]	61.510
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.247
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	17.926
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.836

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: relamping
- EEM 2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole
- EEM 3: isolamento terrazzo con lana di roccia
- EEM 4: isolamento a cappotto
- EEM 5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole
- EEM 6: isolamento terrazzo con polistirene
- EEM 7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo
- SCN1: EEM3+EEM5
- SCN2: EEM1+EEM5+EEM6+EEM7

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	7%	7%	634	0	0	2.686	4,35	4,86	8	951	13%	0,35	951	13%
EEM 2	44%	47%	4.034	1.079	1.147	31.306	5,16	5,86	15	30.887	17%	0,99	30.887	17%
EEM 3	15%	15%	1.340	0	0	15.033	10,85	14,66	30	8.741	9%	0,58	8.741	9%
EEM 4	24%	25%	2.175	0	0	118.843	>30	>30	30	<0	-3%	-0,57	-67.341	-3%
EEM 5	32%	33%	2.872	1.079	1.147	16.981	3,47	3,82	15	32.317	27%	1,90	32.317	27%
EEM 6	15%	15%	1.330	0	0	6.775	5,20	5,91	30	15.711	19%	2,32	15.711	19%
EEM 7	9%	9%	820	0	0	43.532	>30	>30	30	<0	-3%	-0,56	-24.293	-3%
SCN 1	40%	42%	3.671	1.079	1.147	32.477	5,06	6,13	15	14.675	36%	0,45	1,108	2,933
SCN 2	59%	60%	5.317	1.079	1.147	70.436	7,65	9,68	25	17.792	19%	0,25	0,918	2,902

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

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

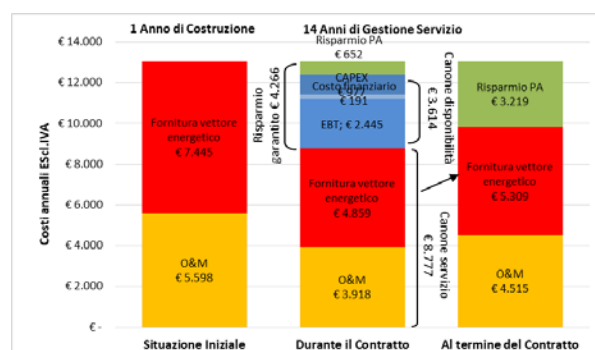
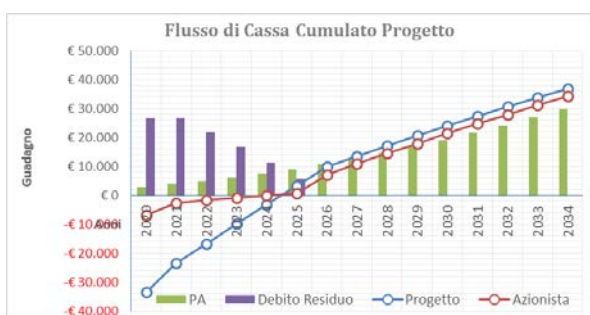
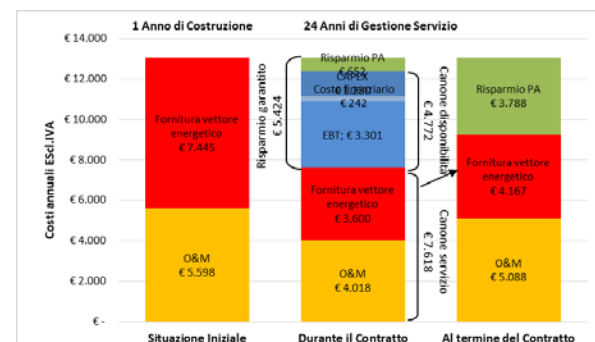
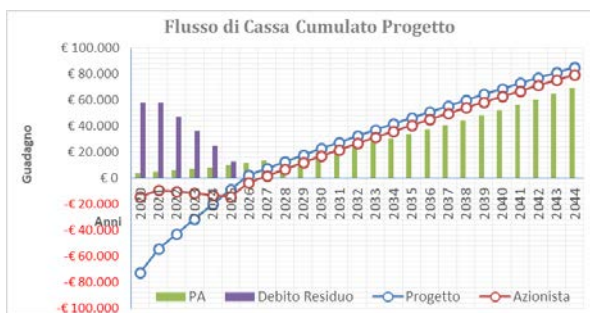


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Al fine di rispettare il requisito del doppio salto di classe minimo imposto dalla Committenza, si è resa necessaria l'ipotesi, in entrambi gli scenari, della sostituzione dell'attuale generatore in favore di una pompa di calore.

L'analisi di sostenibilità finanziaria evidenzia valori ottimali di LLCR per entrambi gli scenari. L'indice DSCR si posiziona nell'intorno ottimale (1,3) per lo scenario 1 e presenta comunque un buon valore anche per lo scenario 2.



## 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 il gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Est / Sud-Est



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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita 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, Sez. GEC, Foglio. 14, Mappale 186 sub 1 graffato con mappale 187 sub 6, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1942
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> ]	739
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	1.855
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	4.473
Rapporto S/V	[1/m]	0,41

Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	948,13
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	662,61
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.610,74
Tipologia generatore riscaldamento		Caldai a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	120-150
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0,0
Tipo di combustibile		Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	20,01
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	61.510
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.247
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	17.926
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.836

Nota (1): Valori di Baseline

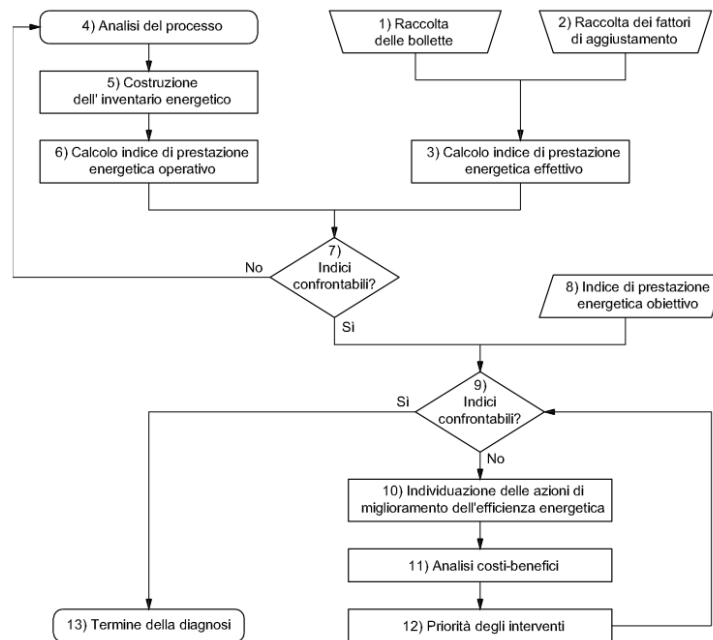
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza ;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 28/12/2018 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>ref</sub>);
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

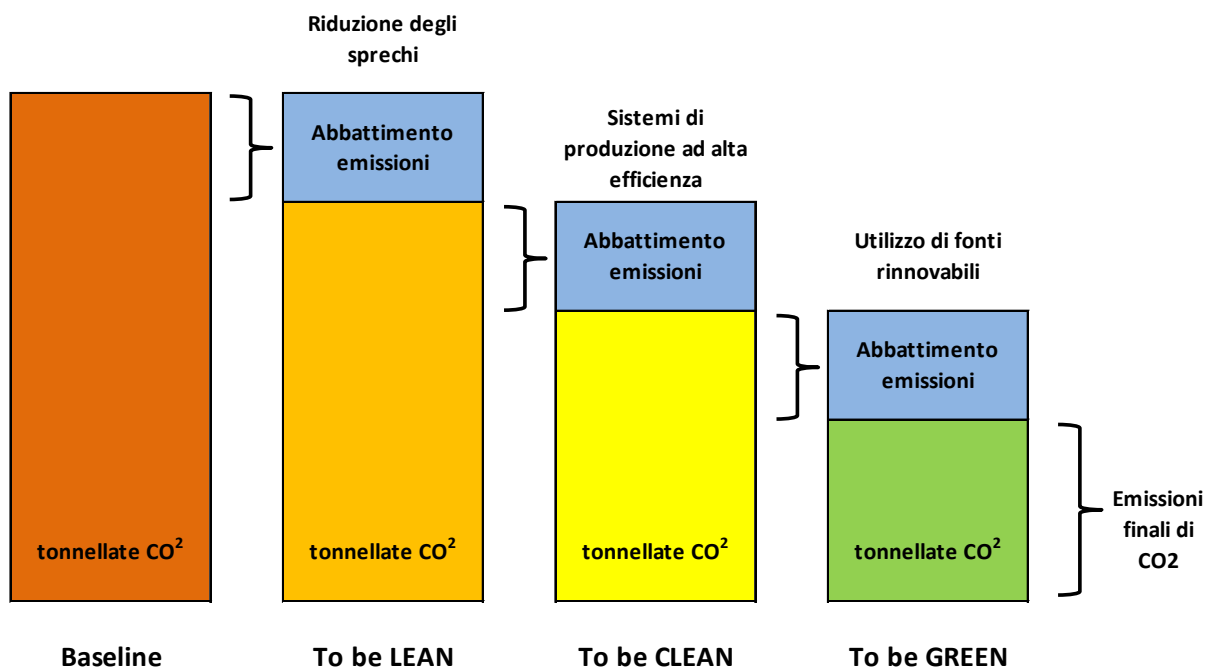
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

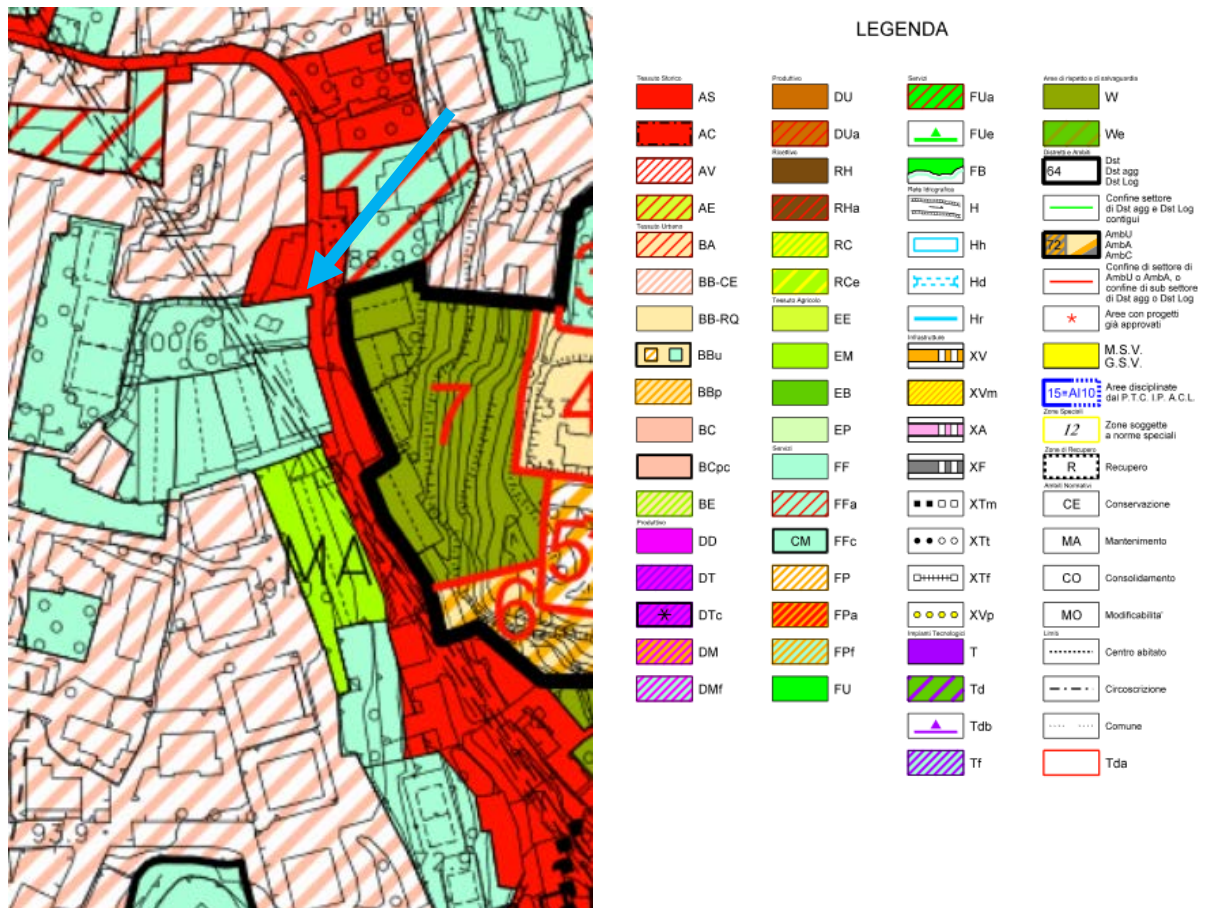
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF, zona destinata a “servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale”.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'amministrazione comunale riferisce che l'edificio è risalente al 1942 e la data risulta coerente con quanto rilevato durante il sopralluogo.

Durante il sopralluogo il personale scolastico non ha saputo riferire di ristrutturazioni all'edificio; si rilevano tuttavia alcuni serramenti a vetro doppio ed alcuni a vetro singolo e per la tipologia di vetro doppio si suppone una loro installazione risalente agli anni '90 inoltre si suppone che negli anni si sia provveduto alla chiusura del porticato a creazione di quello che è ora l'androne di ingresso ed il refettorio.

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

L'edificio è frequentato giornalmente da 75 bimbi e 9 adulti tra collaboratori scolastici, maestri ed educatori.

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, due dei quali occupati dalla scuola materna e due da abitazioni private.

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)

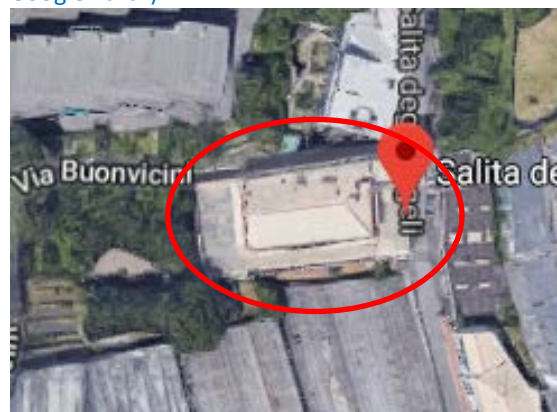


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Seminterrato	locali tecnici	[m <sup>2</sup> ]	570,08	0	0
Terra	Atrio, cucina, refettorio e locali accessori	[m <sup>2</sup> ]	583,85	460,9	0
Ammezzato	Sala medica e magazzino	[m <sup>2</sup> ]	72,48	49	0
Primo	Aule e locali accessori.	[m <sup>2</sup> ]	291,8	229,5	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>1.518,21</b>	<b>739,40</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): la superficie utile riscaldata risulta diversa da quella indicata nel file Kyoto ma si ritiene corretta in quanto visitato e rilevato tutto l'edificio; si suppone che nel file sia stato conteggiato anche l'interrato o riportato un valore lordo;

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

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

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio che ospita la scuola risulta vincolato da un punto di vista architettonico ed inserito in un'area vincolata da un punto di vista paesaggistico

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti ed il risultato è riportato nella tabella 2.2.

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



Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

**Vincolo Architettonico**

Provincia GE  
 Comune GENOVA  
 Zona di Genova S. TEODORO  
 Codice Monumentale 50  
 Codice NCTN 07/00209313  
 Descrizione Asilo Tollot occidentale  
 Anno di vincolo 2002  
 Note Salita degli Angeli 62  
 Decreto **00209313**  
 Stralcio cartografico **00209313\_sc**

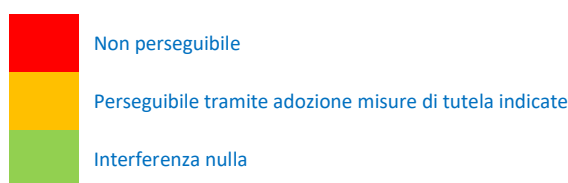
**Vincolo Paesistico Bellezza d'insieme**

Codice vincolo 070187  
 Numero Progressivo per Comune 1  
 Oggetto del Vincolo ZONA DI GRANAROLO DALLO ASPETTO PARTICOLARE PER LA PRESENZA DI AMBIENTI CON VILLE SIGNORILI DEI SEC. XVI E XVII E AMPIE AREE ALBERATE (GENOVA - SAN TEODORO)  
 Tipo Decreto Decreto Ministeriale  
 Data del decreto 27/09/1955  
 Tipo di Pubblicazione Gazzetta Ufficiale  
 Numero di pubblicazione 232  
 Data pubblicazione 07/10/1955  
 Grado identificazione identificabile con precisione  
 Zona Soprintendenza S.TEODORO  
 Decreto **070187**  
 Stralcio cartografico **070187\_sc**

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: relamping	Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole	-		Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri delle macchine
EEM 3: isolamento terrazzo con lana di roccia	Storico – Artistico / paesaggistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 4: isolamento a cappotto	Storico – Artistico / paesaggistico		-
EEM 5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole	-		Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri delle macchine
EEM 6: isolamento terrazzo con polistirene	Storico – Artistico / paesaggistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo	Storico – Artistico / paesaggistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici Mantenimento delle stesse forme, dimensioni, tipologie e colori dei serramenti esistenti.

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio (7:15-17:30), intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati desunti dalle informazioni fornite dal personale scolastico presente durante il sopralluogo che ha descritto l'edificio già caldo alle 7:15 ed ancora probabilmente in fase di spegnimento intorno alle 17:00 (6:00-17:00).

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

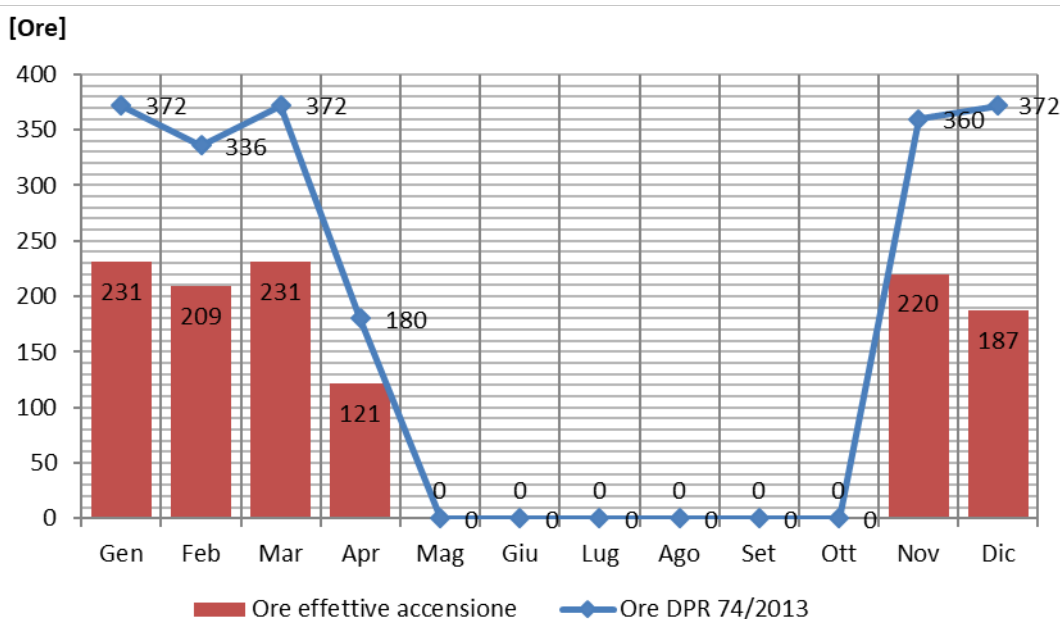
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7:15-17:30	6:00-17:00

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



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 5.1.1.

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

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	201,60	21	21		22%
Febbraio	28	10,5	28	180,50	19	19		19%
Marzo	31	11,1	31	186,90	21	21		20%
Aprile	30	15,3	15	55,74	20	11		6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0		-
Giugno	30	22,4	-	-	20	0		-
Luglio	31	24,6	-	-	20	0		-
Agosto	31	23,6	-	-	0	0		-
Settembre	30	22,2	-	-	20	0		-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0		-
Novembre	30	13,3	30	134,00	20	20		14%
Dicembre	31	10,0	31	170,00	17	17		18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>929</b>	<b>220</b>	<b>109</b>		<b>100%</b>

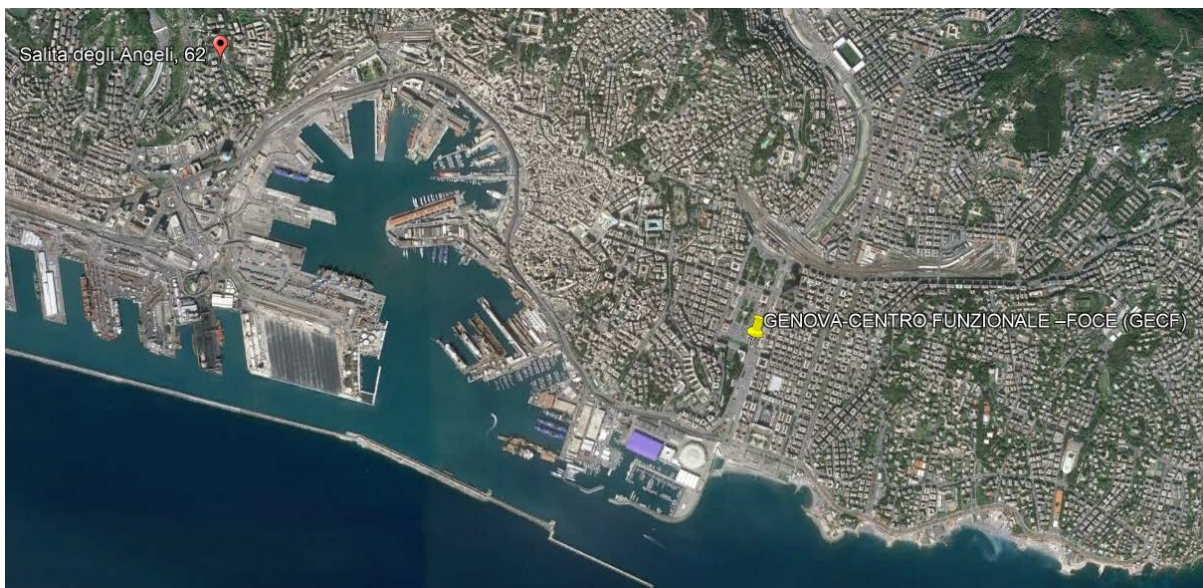
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

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

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

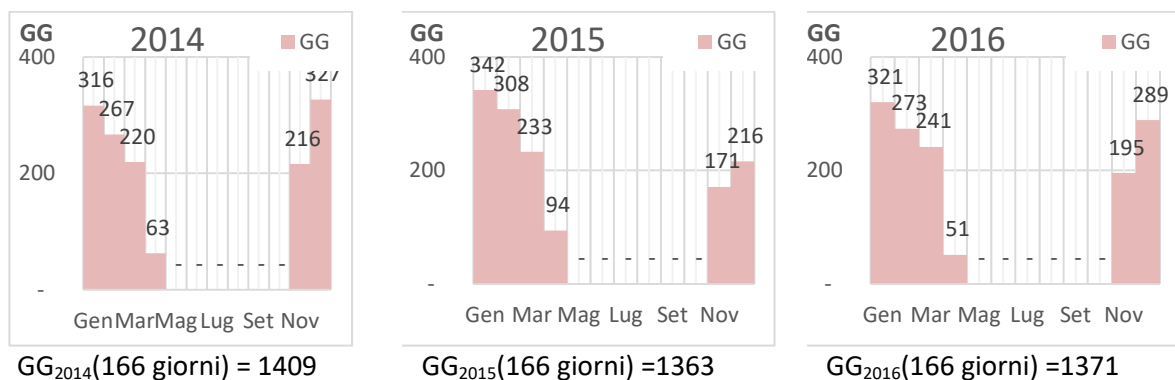
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

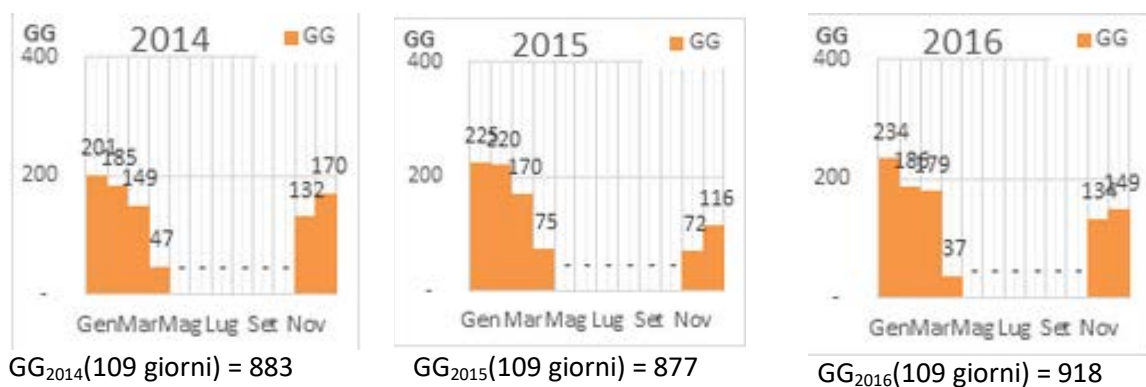


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 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 calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio. In particolare 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'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura portante in mattoni pieni di vario spessore.

Al piano terra, rivolte a sud / sud-est, si incontrano poi grosse superfici vetrate a chiusura dello spazio tra i pilastri di quello che sembra essere un vecchio porticato. Queste incidono in modo non trascurabile sul comportamento termico del fabbricato:

- andando a costituire zone fortemente influenzate dall'incidenza solare e dall'indotto effetto serra nel periodo estivo.
- creando zone di discomfort termico nel periodo invernale con profondi moti convettivi.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio vincolato architettonicamente ogni intervento deve essere sottoposto all'approvazione della soprintendenza. Inoltre occupando la scuola 2 di 4 piani gli interventi sull'involucro opaco verticale dovranno coinvolgere l'intero edificio e sull'involucro trasparente essere architettonicamente coerenti con quanto esistente.

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.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

l'edificio è caratterizzato dall'assenza di eclatanti dispersioni localizzate se non leggere dispersioni in corrispondenza dei ponti termici e delle pareti a spessore minore e a maggior trasmittanza.

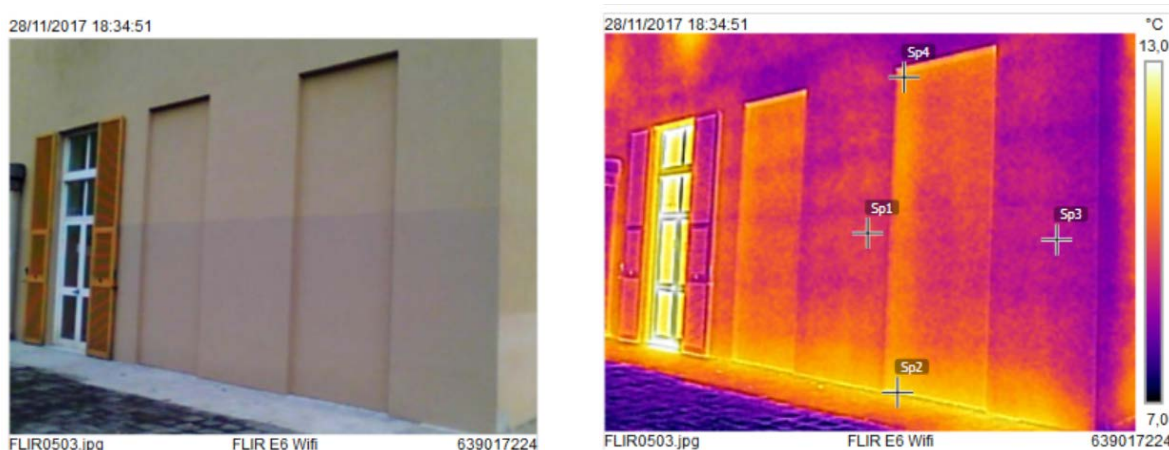
Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro Sud-Est al piano primo



Figura 4.2 - Particolare della facciata Sud – Sud/Est



Figura 4.3 – Rilievo termografico della parate Sud – Sud/Est



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura terrazzo	C1	30	Assente	1,52	Sufficiente
Parete verticale	M1	58	Assente	1,22	Sufficiente
Parete verticale	M2	45	Assente	1,53	Sufficiente
Parete verticale	M3	77	Assente	0,97	Sufficiente
Parete verticale	M4	20	Assente	1,85	Sufficiente
Parete verticale	M5	58	Assente	1,7	Sufficiente
Parete verticale	M6	43	Assente	1,32	Sufficiente
Parete verticale	M7	30	Assente	1,72	Sufficiente
Solaio	P1	35,5	Assente	1,89	Sufficiente
Solaio	P2	30	Assente	1,55	Sufficiente
Solaio	P3	30	Assente	0,94	Sufficiente
Solaio	P4	31	Assente	1,07	Sufficiente
Solaio	P5	31	Assente	1,07	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 in parte da serramenti in legno e vetro

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti del refettorio al piano terra



singolo ed in parte da serramenti in alluminio senza taglio termico e vetro doppio.

Lo stato di conservazione dei primi è scadente mentre dei secondi è buono. Si ritiene che i serramenti in legno siano gli originali o comunque vetusti ed hanno problemi nella chiusura ed apertura e danno luogo a notevoli spifferi ed infiltrazioni.

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:

- Presenza di dispersioni di calore dal telaio dei serramenti originali
- Spessore vetro doppio 6-8-6 mm
- Spessore vetro singolo 4 mm.



Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti del refettorio al piano terra



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	140x320	Legno	Vetro singolo	4,29	Sufficiente
Serramento verticale	F2	134x210	Legno	Vetro singolo	3,36	Scadente
Porta finestra	F3	130x300	Legno	Vetro singolo	3,39	Scadente
Porta finestra	F4	140x250	Legno	Vetro singolo	3,41	Scadente
Porta finestra	F5	140x310	Legno	Vetro singolo	3,4	Scadente
Serramento verticale	F6	140x120	Legno	Vetro singolo	3,35	Scadente
Porta finestra	F7	140x390	Alluminio	Vetro doppio	3,5	Scadente

Porta finestra	F8	200x390	Alluminio	Vetro doppio	4,13	Buono
Porta finestra	F9	243x210	Alluminio	Vetro doppio	4,47	Buono
Porta finestra	F10	243x280	Alluminio	Vetro doppio	5,31	Buono
Serramento verticale	F11	134x144	Alluminio	Vetro doppio	3,71	Buono
Serramento verticale	F12	134x116	Alluminio	Vetro doppio	3,32	Buono
Porta finestra	F13	142x260	Alluminio	Vetro doppio	4,5	Buono
Porta finestra	F14	291x230	Alluminio	Vetro doppio	4,25	Buono
Porta finestra	F15	140x390	Legno	Vetro singolo	3,48	Buono

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

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

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

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 - Particolare del radiatore in ghisa senza valvole termostatiche



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio	radiatori	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	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	18	24,49	0	0
Ammezzato	Su parete interna/esterna non isolata	2	2,2	0	0
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	10	9,35	0	0
<b>TOTALE</b>		<b>30</b>	<b>36,04</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

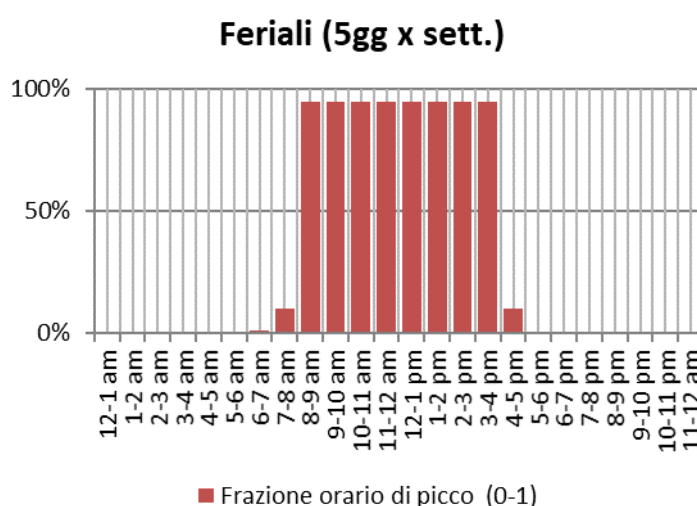
Nota (X): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

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

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto



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
Intero edificio	Climatica	90%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una pompa gemellare funzionante in modo alternato collegata sulla mandata dell'acqua calda.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(1)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(2)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(3)</sup> [kW]
DAB -DM 60/280-50T EG01	mandata acqua calda	n.d.	n.d.	0,455

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.

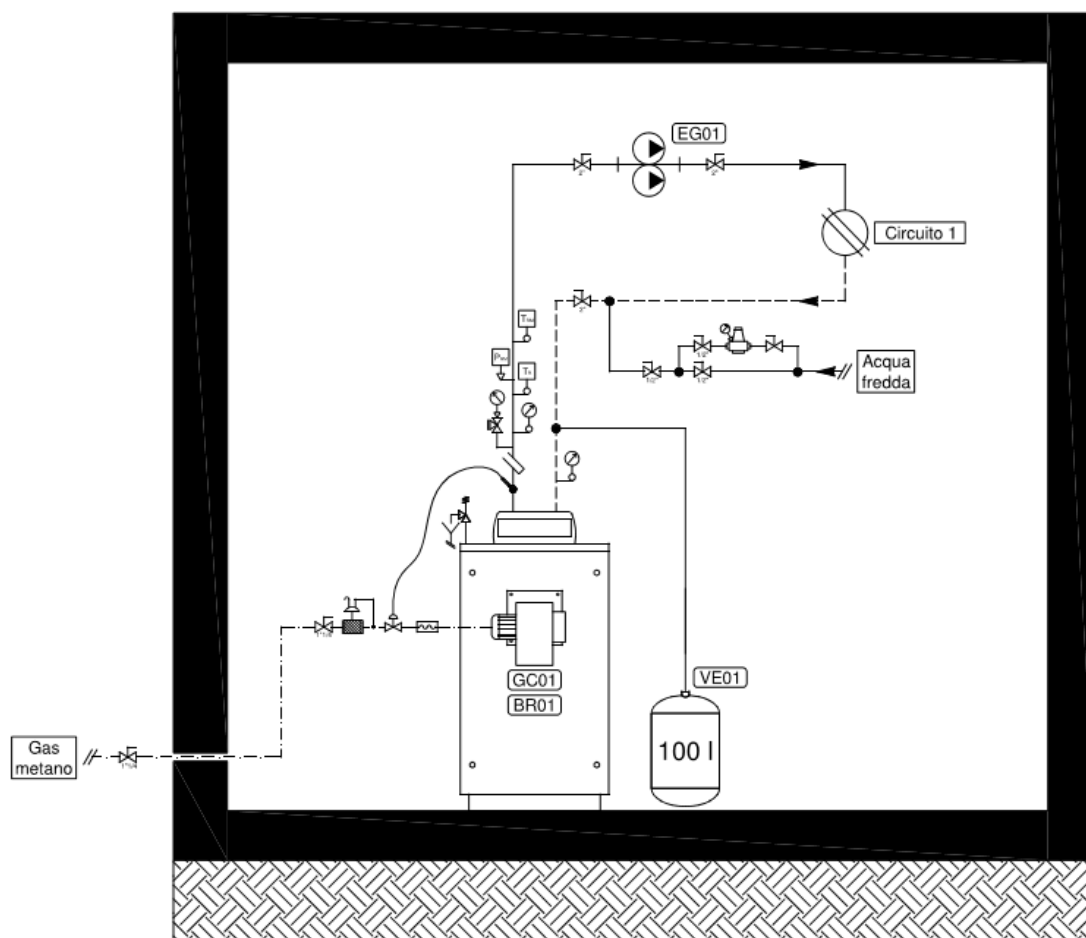
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA <sup>(1)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO °C		
			GEN	Mandata
	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: Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 394MSC01.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93% (riferimento normativo 11300-2).

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento UNICAL risalente al 2004 con bruciatore Baltur.

Figura 4.9 - Particolare caldaia a basamento



Figura 4.10 - Particolare bruciatore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

SERVIZIO	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	'TRISECAL 3P 150	2004	127,8-161,6	120-150	93,5	960

Nota (1) da prova fumi del 07/04/2017

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 57%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 91,7%.

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 dell'Allegato J – Schede di audit.

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

Nell'edificio sono installati 3 boiler elettrici ad accumulo da 1.200 W ciascuno, uno a servizio della cucina e due nei servizi al piano primo.

Figura 4.11 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria – boiler installato in cucina



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
95%	93%	-	-	75 %	28 %

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

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

Impianto non presente

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

Impianto non presente

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

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

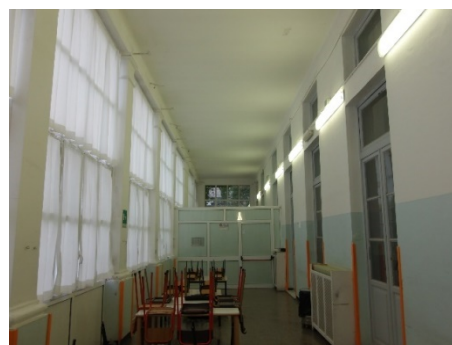
ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z1	Distributore bevande e snack	1	1.500	1.500	8.760 (24hx365gg)
Z1	Televisore	1	250	250	9 (0,05hx180gg)
Z1	Cappa cucina	1	250	250	720 (4hx189gg)
Z1	Frigorifero	1	60	60	8.760 (24hx365gg)
Z1	Lavastoviglie	1	3.000	3.000	720 (4hx180gg)
Z3	Stereo	3	325	975	9 (0,05hx180gg)
Z1	Pompa	1	300	300	9 (0,05hx180gg)

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

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	fluorescente 36 W	4	36	144
Zona 1	fluorescente 18 W	3	18	54
Zona 1	fluorescente 2x36 W	3	72	216
Zona 1	24 W	6	24	144
Zona 1	fluorescenti 2x58 W	29	116	3364
Zona 2	fluorescente 2x36 W	3	72	216
Zona 3	fluorescente 2x36 W	1	72	72
Zona 4	24 W	2	24	48

---

Zona 5	fluorescenti 2x58 W	21	116	2436
--------	---------------------	----	-----	------

---

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

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

Impianto non presente



## 5 CONSUMI RILEVATI

### 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 stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a Gas Metano.

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori uno a servizio del riscaldamento ed uno per la cucina.

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
		[l]	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
11220050619240	Riscaldamento	4.338	3.282	6.434	6.170	74.681	60.612	58.121
3270013676172	Uso cucina	-	863	542	704	8.130	5.109	6.632

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

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

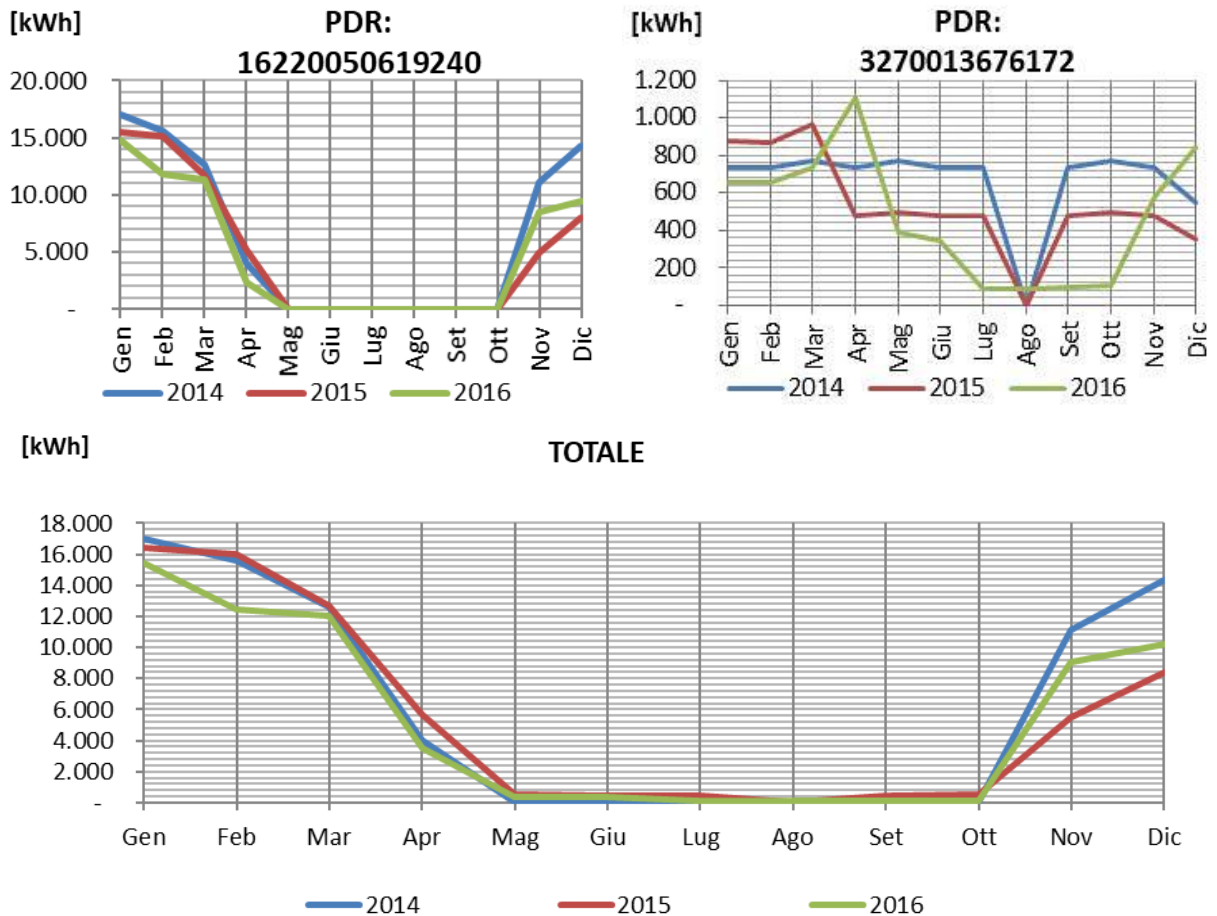
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3. Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 11220050619240	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	746	1.647	1.572	16.977	15.517	14.804
Febbraio	687	1.611	1.249	15.624	15.171	11.769
Marzo	555	1.244	1.201	12.633	11.719	11.313
Aprile	174	548	250	3.966	5.165	2.358
Maggio						
Giugno						
Luglio						
Agosto						
Settembre						
Ottobre						
Novembre	489	530	899	11.128	4.989	8.467
Dicembre	631	854	999	14.352	8.047	9.410
<b>Totale</b>	<b>3.282</b>	<b>6.434</b>	<b>6.170</b>	<b>74.681</b>	<b>60.608</b>	<b>58.121</b>
PDR: 3270013676172	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	78	93	70	738	876	659
Febbraio	78	93	70	738	871	659
Marzo	82	103	78	775	970	735
Aprile	78	51	118	738	476	1.112
Maggio	82	53	41	775	500	386
Giugno	78	51	37	738	476	349
Luglio	78	51	9	738	476	85
Agosto	-	-	9	-	-	85
Settembre	78	51	10	738	476	94
Ottobre	82	53	11	775	500	104
Novembre	78	51	61	738	476	575
Dicembre	59	38	89	554	357	838
<b>Totale</b>	<b>854</b>	<b>686</b>	<b>603</b>	<b>8.045</b>	<b>6.457</b>	<b>5.680</b>

Dall'analisi effettuata sulle bollette si evince che Eni SpA effettua una sola lettura all'anno e stima i consumi di mese in mese in modo sovrastimato rispetto all'uso per la sola cucina del contatore. In questo modo i consumi fatturati sono estremamente più alti dei reali. Eni SpA a questo punto provvede ad effettuare fatture di conguaglio onerose e di non facile controllo. I valori dei conguagli sono stati tenuti in considerazione per l'analisi dei consumi per cui i valori sopra riportati sono i valori reali di consumo secondo la società di fornitura. Si consiglia alla Committenza di effettuare mensilmente autoletture dei propri contatori, tenerle a registro e fornirle alla società erogatrice del servizio.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che: i consumi fatturati dalla società di fornitura per il 2014 non sono disponibili se non come valore aggregato dichiarato su una bolletta del 2015 (854 mc) allineati con gli 863 mc dichiarati dalla società di distribuzione, i consumi del 2015 (685 mc) sono molto diversi da quelli fatturati dalla società di distribuzione (542 mc) così come i consumi del 2016 fatturati dalla società di fornitura (603 mc) in confronto a quelli dichiarati dalla società di distribuzione (704 mc).

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014								
2015	877	929	6.434	60.608	69,1	64.202	0	0
2016	918	929	6.170	58.121	63,3	58.818	0	0
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>929</b>	<b>6302</b>	<b>59365</b>	<b>66</b>	<b>61510</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio è risultato costante negli anni considerati con valori di consumi tra loro comparabili.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
$\bar{Q}_{ACS}$	0,0
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	61.510
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>61.510</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell'intero edificio – POD IT001E00096172.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione 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]
IT001E00096172	Z1 -Z2 -Z3	19.774	17.192	16.811	17.926
<b>TOTALE</b>					<b>17.926</b>

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1824) ed è emerso che i dati ricavati dall'analisi delle bollette si discostano in positivo o in negativo rispetto ai dati registrati nel file kyoto di massimo 800 kWh/anno.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 20.607 kWh; anno 2015 17.617 kWh; anno 2016 17.965 kWh

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

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 17.926 kWh.

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

POD: IT001E00096172	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	1590	299	339	2.228
Feb-14	1631	283	234	2.148
Mar-14	1437	249	260	1.946
Apr-14	1182	229	295	1.706
Mag-14	1158	258	332	1.748
Giu-14	794	208	326	1.328
Lug-14	518	366	638	1.522
Ago-14	148	123	238	509
Set-14	963	272	340	1.575
Ott-14	1022	228	313	1.563
Nov-14	961	170	591	1.722
Dic-14	993	176	610	1.779
<b>Totale</b>	<b>1.489</b>	<b>2.861</b>	<b>4.516</b>	<b>19.774</b>
POD: IT001E00096172	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-15	993	176	810	1.979
Feb-15	1413	220	249	1.882
Mar-15	1377	202	266	1.845
Apr-15	659	97	731	1.487
Mag-15	1077	229	302	1.608
Giu-15	808	157	282	1.247
Lug-15	204	110	187	501
Ago-15	61	44	189	294
Set-15	994	185	229	1.408
Ott-15	1252	215	230	1.697
Nov-15	1272	189	257	1.718

Dic-15	1070	181	275	1.526
<b>Totale</b>	<b>11.180</b>	<b>2.005</b>	<b>4.007</b>	<b>17.192</b>
<b>POD: IT001E00096172</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	1168	222	307	1.697
Feb-16	1069	212	289	1.570
Mar-16	1165	227	308	1.700
Apr-16	1040	239	301	1.580
Mag-16	-	-	-	0
Giu-16	1771	348	655	2.774
Lug-16	719	180	256	1.155
Ago-16	147	93	173	413
Set-16	886	167	206	1.259
Ott-16	1092	210	241	1.543
Nov-16	1236	214	234	1.684
Dic-16	937	196	303	1.436
<b>Totale</b>	<b>11.230</b>	<b>2.308</b>	<b>3.273</b>	<b>16.811</b>

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

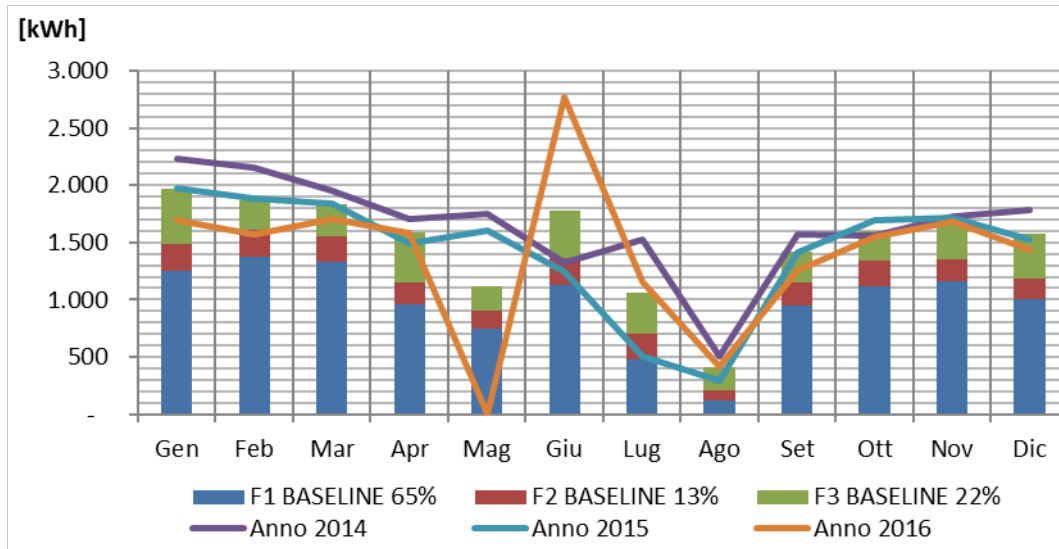
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

<b>BASELINE</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gennaio	1.250	232	485	1.968
Febbraio	1.371	238	257	1.867
Marzo	1.326	226	278	1.830
Aprile	960	188	442	1.591
Maggio	708	295	1.040	874
Giugno	1.124	238	421	1.783
Luglio	480	219	360	1.059
Agosto	119	87	200	405
Settembre	948	208	258	1.414
Ottobre	1.122	218	261	1.601
Novembre	1.156	191	361	1.708
Dicembre	1.000	184	396	1.580
<b>Totale</b>	<b>11.602</b>	<b>2.391</b>	<b>3.932</b>	<b>17.926</b>

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici nella figura che segue.

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 IT001E00096172.

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 13,32 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

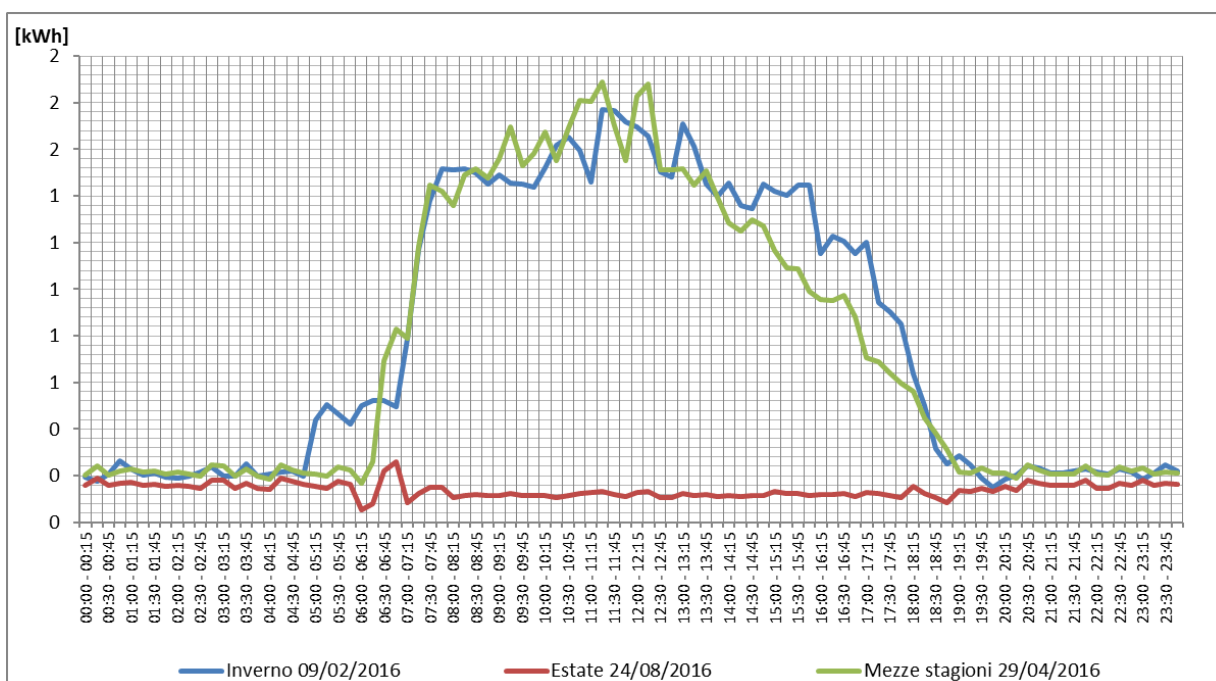
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

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

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

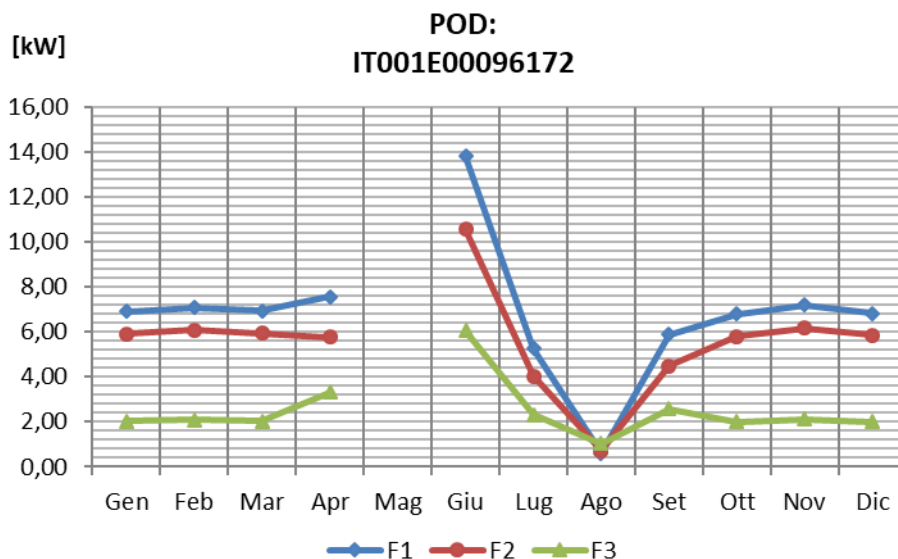
Figura 5.3 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096172



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

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096172





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 13,79 kW e si verifica nel mese di giugno 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.

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]		[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	17.926		* 0,467	8,37
Gas naturale	61.510		* 0,202	12,42

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	0,467	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	739	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.188	m <sup>3</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	5.784	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.14 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	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/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	61.510	1,05	64.585	87,4	54,4	11,2	16,81	10,46	2,15
Energia elettrica	17.926	2,42	43.380	58,7	36,5	7,5	11,33	7,05	1,45
<b>TOTALE</b>			<b>107.965</b>	<b>146</b>	<b>91</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>4</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/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	61.510	1,05	64.585	87,4	54,4	11,2	16,81	10,46	2,15
Energia elettrica	17.926	1,95	34.955	47,3	29,4	6,0	11,33	7,05	1,45
<b>TOTALE</b>			<b>99.540</b>	<b>135</b>	<b>84</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>4</b>

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

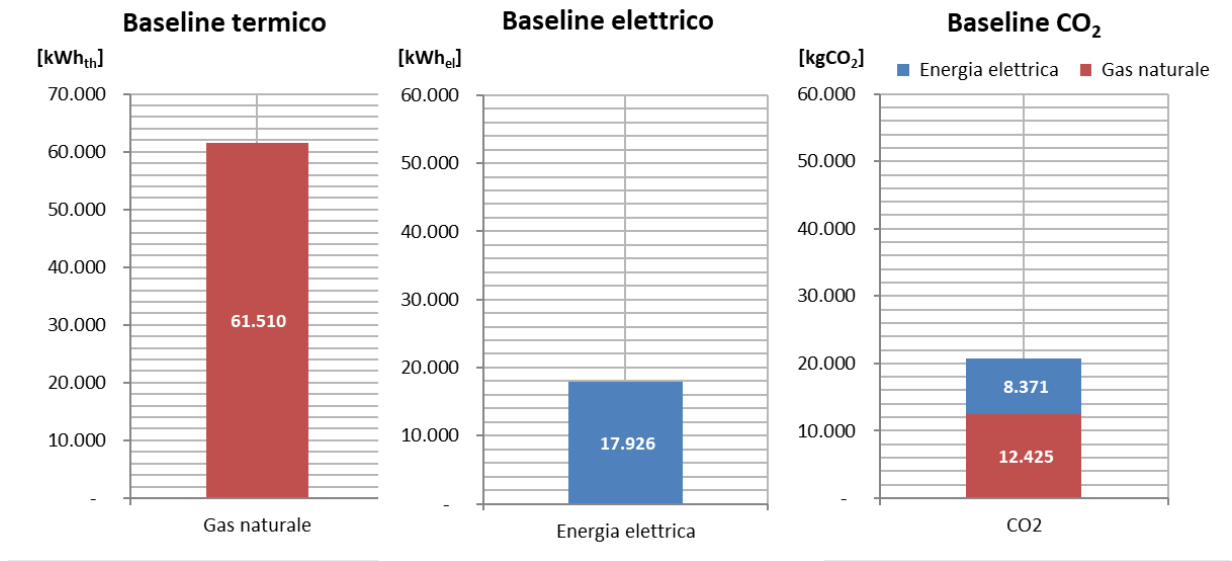


Figura 5.6 – Indici di performance energetica e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazione

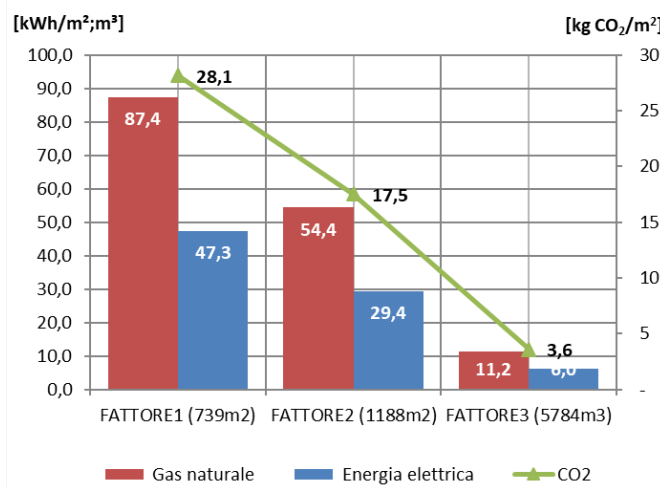
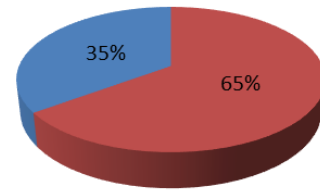
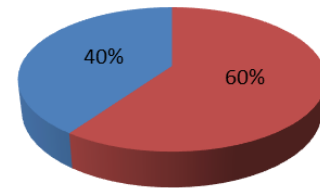


Figura 5.7– Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria



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



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

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

- Fattore di forma dell'edificio, 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:

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

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	11,95 <sup>(1)</sup>	9,22	8,57			
Energia elettrica				18,77	16,32	15,96

Nota 1 :valore ricavato da un consumo in parte di gasolio ed in parte di gas metano.

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un giudizio BUONO per il riscaldamento ed INSUFFICIENTE per l'energia elettrica.

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 (APE).

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	433,25	451,90
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	361,96	363,43
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	23,36	28,99
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_l$	kWh/mq anno	47,93	59,48
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	-	105,93

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

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

FONTI ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	U	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh En primaria/anno]
Gas Naturale	26.511,97	$m^3$	262.230
Energia Elettrica	29.341	kWh	57.215

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)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

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

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell'edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

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

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	$EP_{gl,nnren}$	kWh/mq anno	164,52	182,54
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	91,05	91,36
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	25,55	31,70
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	47,93	59,48
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	-	47,89

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

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

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

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

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

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	6.707,6	63.185,5
Energia Elettrica		17.302

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
63.185,5	61.509,89	2,6%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

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

EE <sub>teorico</sub> [kWh/anno]	EE <sub>baseline</sub> [kWh/anno]	Congruità [%]
17.302	17.926	-3,6%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

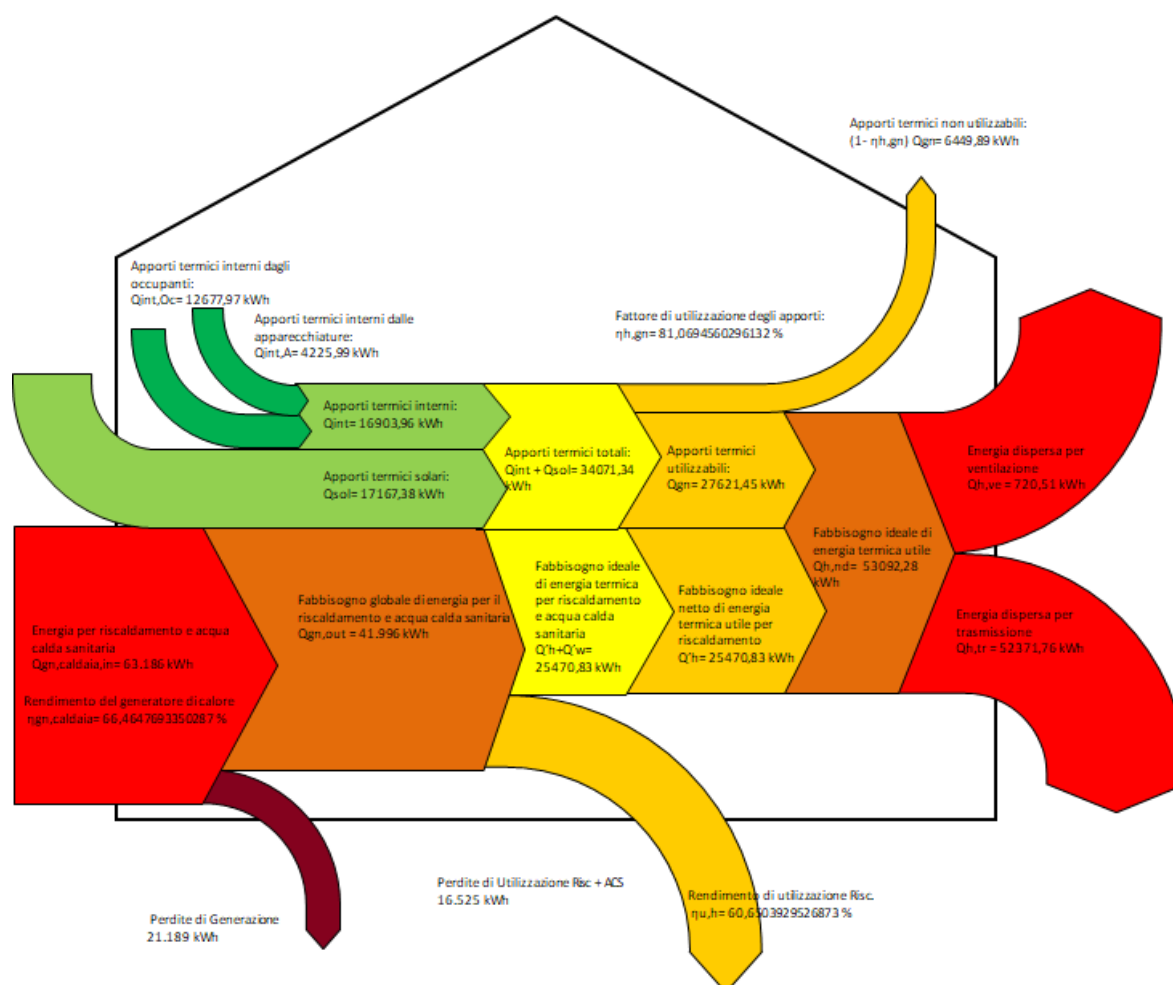
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

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

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





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.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

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

Il contributo definito come "Altro – 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.

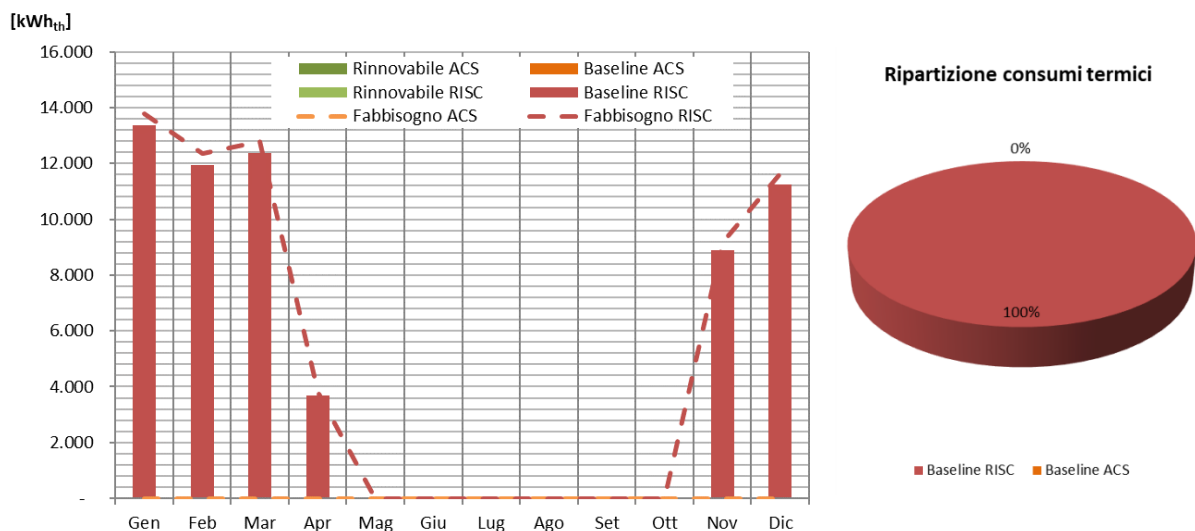
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il gas naturale è impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell'energia 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 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



Si può notare come i consumi termici siano da attribuirsi esclusivamente all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tale utilizzo.

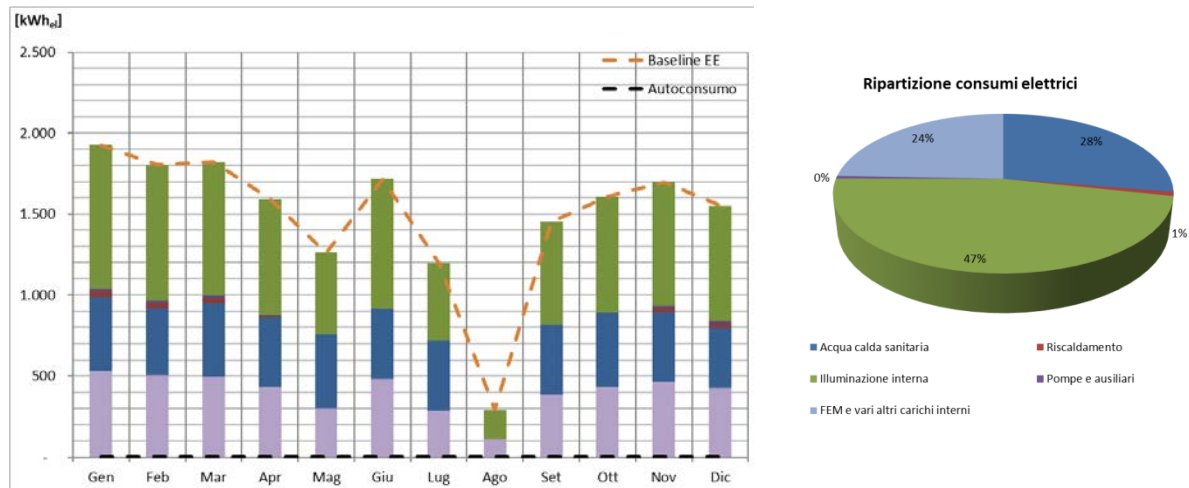
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

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

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'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 – 11220050619240: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione;
- PDR 2 – 3270013676172: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura utilizzato per la mensa. 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:3270013676172	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 (*)	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 (*) (IVA INCLUSA)	Dati non disponibili	Dato non attendibile	Dato non attendibile

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

Nota (\*): 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 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 rierimento

PDR: 3270013676172	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONGUAGLIO	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[m <sup>3</sup> ]	[€/m <sup>3</sup> ]
Gennaio									
Febbraio	127,26		48,71	43,01	6,24	225,22		288	
Marzo									
Aprile									
Maggio	342,26		162,07	237,69	52,29	794,31			
Giugno							396,26		
Luglio	54,81		27,84	40,46	8,90	132,01			
Agosto	51,29		25,74	40,03	8,81	125,87		397	
Settembre	74,07		35,47	57,82	12,72	180,08			
Ottobre	73		34,54	56,13	12,35	176,02			
Novembre	372,68		160,56	286,57	63,05	882,85			
Dicembre	559,43		221,99	430,17	94,64	1.306,23			
<b>Totale</b>	<b>1654,8</b>		<b>716,92</b>	<b>1.191,88</b>	<b>258,9928</b>	<b>3.822,59</b>	<b>396,26</b>	<b>685</b>	<b>5,00</b>
PDR: 3270013676172	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONGUAGLIO	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[m <sup>3</sup> ]	[€/m <sup>3</sup> ]
Gennaio	542,51		257,28	418,97	268,1272	1486,8872		140	
Febbraio	471,47		215,27	386,96	236,214	1309,914			
Marzo					0	0		78	
Aprile	182,83		198,1	181,73	33,5302	185,9402		118	
Maggio	8,14		93,94	8,03	24,2242	134,3342		41	
Giugno	7,36		93,45	7,24	23,771	131,821		37	
Luglio	1,92		90,01	1,76	20,6118	114,3018		9	
Agosto	1,89		90,01	1,76	20,6052	114,2652		9	
Settembre	2,07		90,13	1,96	20,7152	114,8752		10	
Ottobre	2,6		90,13	2,15	20,8736	115,7536		11	
Novembre	14,33		95,79	11,94	26,8532	148,9132		61	
Dicembre	20,91		98,96	17,43	30,206	167,506		89	
<b>Totale</b>	<b>1096,72</b>		<b>1320,34</b>	<b>881,72</b>	<b>725,7316</b>	<b>4024,5116</b>		<b>603</b>	<b>6,67</b>

Per quanto riguarda i costi appena riportati si ritiene opportuno specificare che l'analisi ha registrato i costi ritrovati nelle fatture consegnate dalla pubblica amministrazione. Vista la tipologia di fatturazione effettuata si ritiene manchino fatture a conguaglio per cui i costi unitari non risultano attendibili.

Si consiglia come modalità generale di energy management per la registrazione dei consumi e la verifica della fatturazione una lettura mensile del contatore con conseguente procedura di autolettura presso la società fornitrice.

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento.

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

3270013676172 – uso cucina

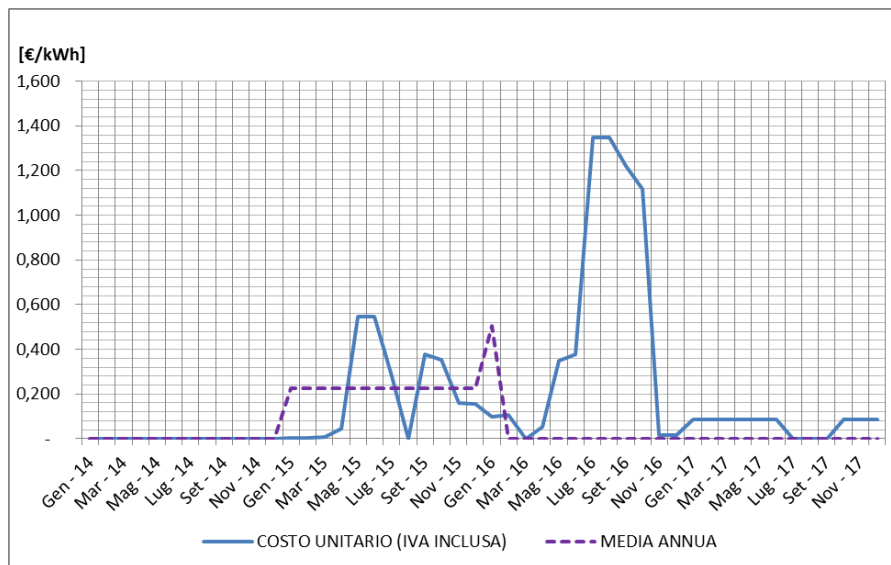
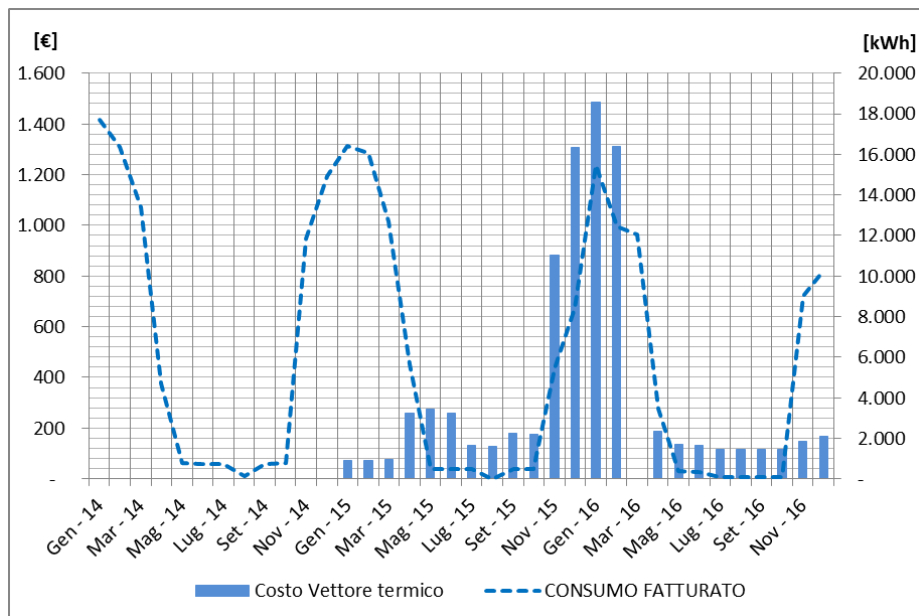


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi risulta falsato dalle problematiche di lettura e fatturazione già dichiarate in precedenza.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00096172 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 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096172	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			

Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9, 16124 Genova
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	16,50 kW	16,50 – 15 kW	15 kW
Potenza elettrica disponibile	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW - CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA5	CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA5 - CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del forniture dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,08 €/kWh	0,06 €/kWh	0,08 €/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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il contratto di fornitura è stato cambiato ogni anno e che il prezzo dopo una prima diminuzione è tornato ad aumentare ma mantenendo sempre valori tra loro coerenti.

Nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096172	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 174,61	€ 28,82	€ 223,42	-	€ 27,85	€ 45,47	€ 500,17	2.228	€ 0,22
Febbraio	€ 170,39	€ 27,80	€ 217,54	-	€ 26,85	€ 44,26	€ 486,84	2.148	€ 0,23
Marzo	€ 153,30	€ 25,80	€ 202,34	-	€ 24,33	€ 40,71	€ 446,48	1.946	€ 0,23
Aprile	€ 132,81	€ 30,46	€ 188,19	-	€ 21,33	€ 37,16	€ 409,95	1.706	€ 0,24
Maggio	€ 134,78	€ 30,09	€ 180,24	-	€ 21,85	€ 36,70	€ 403,66	1.748	€ 0,23
Giugno	€ 100,44	€ 23,11	€ 144,85	-	€ 16,60	€ 28,51	€ 313,51	1.328	€ 0,24
Luglio	€ 99,82	€ 21,04	€ 158,61	-	€ 16,43	€ 29,59	€ 325,49	1.522	€ 0,21
Agosto	€ 35,66	€ 8,15	€ 95,61	-	€ 6,36	€ 14,58	€ 160,36	509	€ 0,32
Settembre	€ 119,43	€ 25,14	€ 179,01	-	€ 19,69	€ 34,33	€ 377,60	1.575	€ 0,24
Ottobre	€ 118,73	€ 22,91	€ 181,16	-	€ 19,54	€ 34,23	€ 376,57	1.563	€ 0,24
Novembre	€ 124,02	€ 25,29	€ 193,89		€ 21,53	€ 36,48	€ 401,21	1.722	€ 0,23
Dicembre	€ 125,19	€ 26,09	€ 198,45		€ 22,24	€ 37,20	€ 409,17	1.779	€ 0,23
Totale	€ 1.489,18	€ 294,70	€ 2.163,31		€ 244,60	€ 419,22	€ 4.611,01	19.774	€ 0,23
POD: IT001E00096172	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 143,97		€ 204,34	€ 22,24		€ 37,06	€ 407,61	1.979	€ 0,21
Febbraio	€ 154,92		€ 212,88	€ 23,53		€ 39,13	€ 430,46	1.882	€ 0,23
Marzo	€ 146,52		€ 209,83	€ 23,06		€ 37,94	€ 417,35	1.845	€ 0,23
Aprile	€ 68,62		€ 156,88	€ 14,89		€ 24,04	€ 264,43	1.487	€ 0,18



## E1824 – Scuola materna Tollot Occidentale

Maggio	€ 65,09		€ 144,31	€ 13,01		€ 22,24	€ 244,65	1.608	€ 0,15
Giugno	€ 62,21		€ 147,93	€ 13,55		€ 22,37	€ 246,06	1.247	€ 0,20
Luglio	€ 54,07		€ 144,41	€ 12,68		€ 21,12	€ 232,28	501	€ 0,46
Agosto	€ 56,23		€ 150,83	€ 13,61		€ 22,07	€ 242,74	294	€ 0,83
Settembre	€ 1,03		€ 59,29	€ 0,24		€ 6,06	€ 66,62	1.408	€ 0,05
Ottobre	€ 47,68		€ 145,55	€ 12,26		€ 20,55	€ 226,04	1.697	€ 0,13
Novembre	€ 44,62		€ 148,42	€ 12,66		€ 20,57	€ 226,27	1.718	€ 0,13
Dicembre	€ 44,91		€ 149,92	€ 12,88		€ 20,77	€ 228,48	1.526	€ 0,15
<b>Totale</b>	<b>€ 889,87</b>	<b>€ 0,00</b>	<b>€ 1.874,59</b>	<b>€ 174,61</b>	<b>€ 0,00</b>	<b>€ 293,91</b>	<b>€ 3.232,98</b>	<b>17.192</b>	<b>€ 0,19</b>
<b>POD: IT001E00096172</b>	<b>VENDITA</b>	<b>DISPACCIA MENTO</b>	<b>RETE</b>	<b>ACCISE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURAT O</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>		<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gennaio	€ 47,46	-	€ 144,35	€ 13,40		€ 20,52	€ 225,73	1.697	€ 0,13
Febbraio	€ 52,26	-	€ 159,25	€ 15,64		€ 22,72	€ 249,87	1.570	€ 0,16
Marzo	€ 56,79	-	€ 178,05	€ 18,46		€ 25,33	€ 278,63	1.700	€ 0,16
Aprile	€ 82,24	€ 56,91	€ 129,95	€ 19,75		€ 28,89	€ 317,74	1.580	€ 0,20
Maggio	€ 85,02	€ 56,11	€ 123,66	€ 18,69		€ 28,35	€ 311,83	-	-
Giugno	€ 75,59	€ 54,07	€ 107,68	€ 15,99		€ 25,33	€ 278,66	2.774	€ 0,10
Luglio	€ 83,91	€ 52,91	€ 98,39	€ 14,44		€ 24,97	€ 274,62	1.155	€ 0,24
Agosto	€ 71,91	€ 52,56	€ 95,65	€ 13,98		€ 23,41	€ 257,51	413	€ 0,62
Settembre	€ 46,55	€ 47,26	€ 53,97	€ 6,92		€ 15,47	€ 170,17	1.259	€ 0,14
Ottobre	€ 125,08	€ 57,25	€ 127,57	€ 19,29		€ 32,92	€ 362,11	1.543	€ 0,23
Novembre	€ 150,64	€ 58,64	€ 138,04	€ 21,05		€ 36,84	€ 405,21	1.684	€ 0,24
Dicembre	€ 121,13	€ 56,20	€ 119,63	€ 17,95		€ 31,49	€ 346,40	1.436	€ 0,24
<b>Totale</b>	<b>€ 998,58</b>	<b>€ 491,91</b>	<b>€ 1.476,19</b>	<b>€ 195,56</b>		<b>€ 316,22</b>	<b>€ 3.478,46</b>	<b>16.811</b>	<b>€ 0,21</b>

Nel grafico in Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento.

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

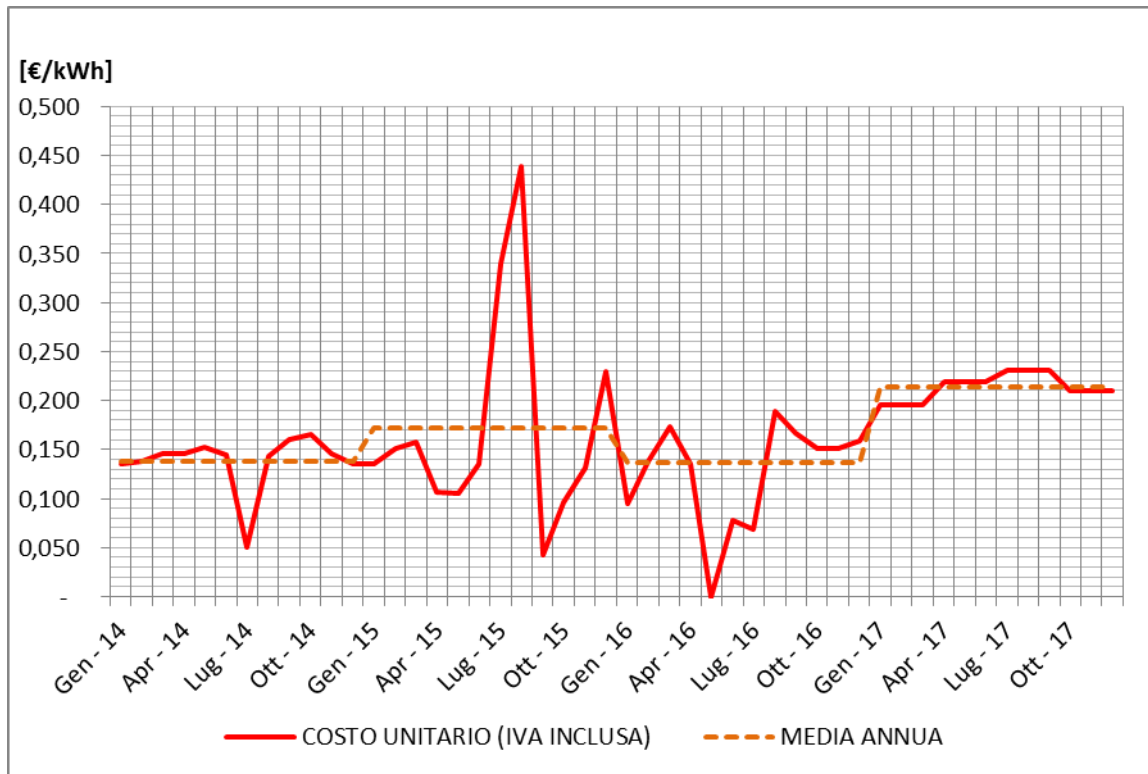
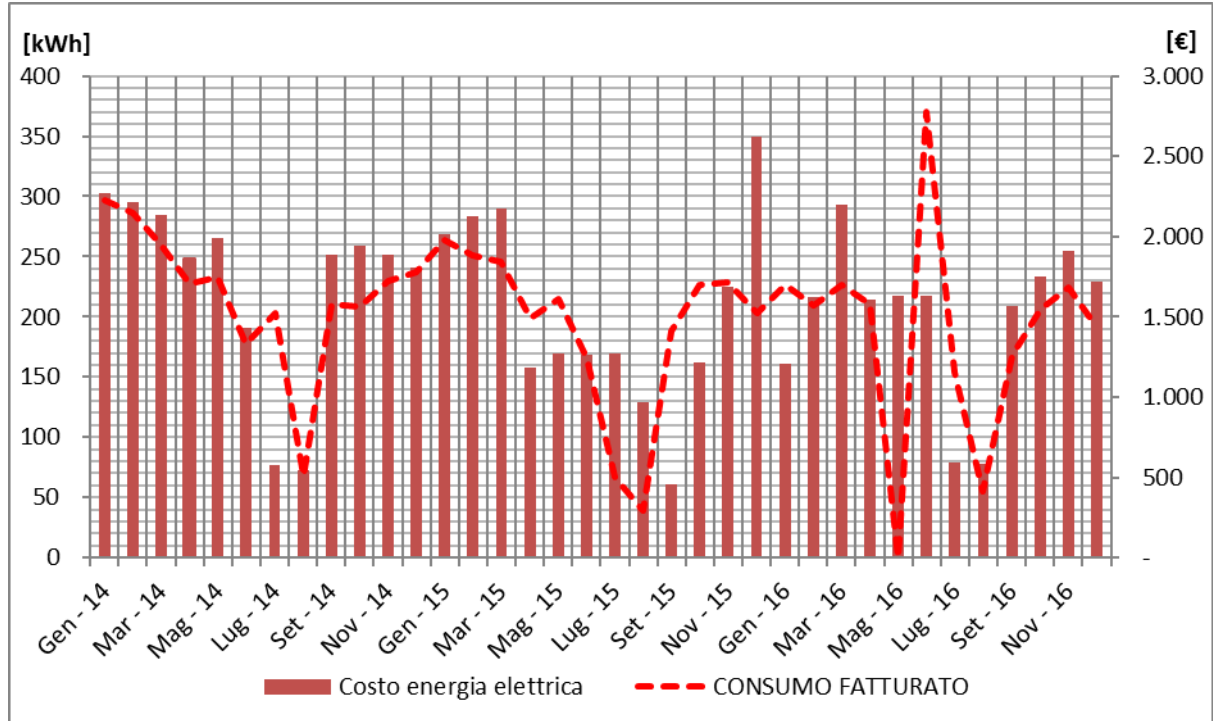


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi non sempre 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.

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	74.681 <sup>1</sup>	n.d.	n.d.	19.774	€ 4.611,01	€ 0,23	
2015	60.612	n.d.	n.d.	17.192	€ 3.232,98	€ 0,19	
2016	58.121	n.d.	n.d.	16.811	€ 3.478,46	€ 0,21	
Media	64.471	n.d.	n.d.	17.926	€ 3.774,15	€ 0,21	

Nota 1 :valore ricavato da un consumo in parte di gasolio ed in parte di gas metano.

Valori al lordo di IVA

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica per il riscaldamento	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu <sub>Q</sub> 0,085	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu <sub>EE</sub> 0,214	[€/kWh]

Valori al lordo di IVA

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

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

- L1-042-159: 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 12.077 €.

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

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

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

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$CM_o$ 5.444	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$CM_s$ 1.447	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 9.222 euro e un  $C_{baseline}$  pari a 16.113 euro.

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
61.510	0,085	5.247	17.926	0,214	3.836	6.830	5.396	1.434	15.913

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

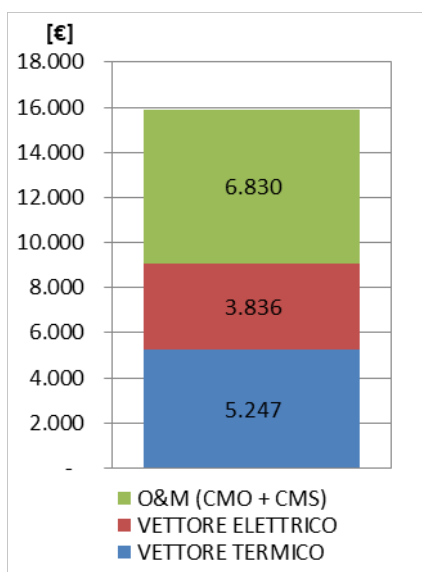
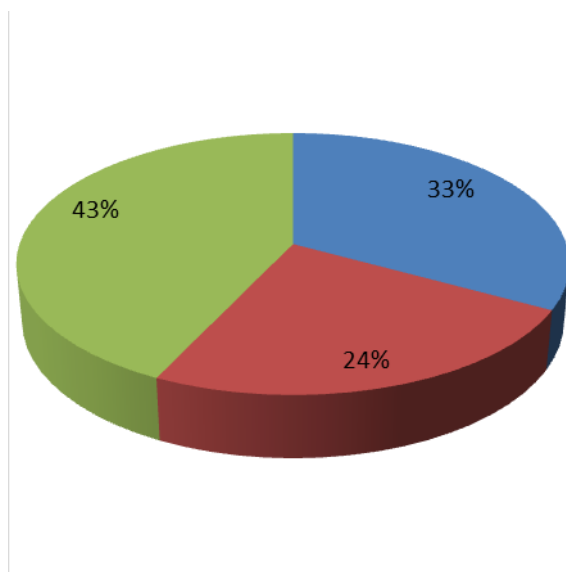


Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### **EEM 3: isolamento terrazzo con lana di roccia**

###### **Generalità**

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

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

Figura 8.1 - Particolare del terrazzo di copertura

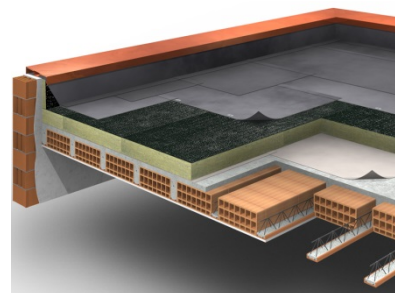


###### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

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

**Spessore isolante: 16 cm**



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

L'intervento è così articolato:

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

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1

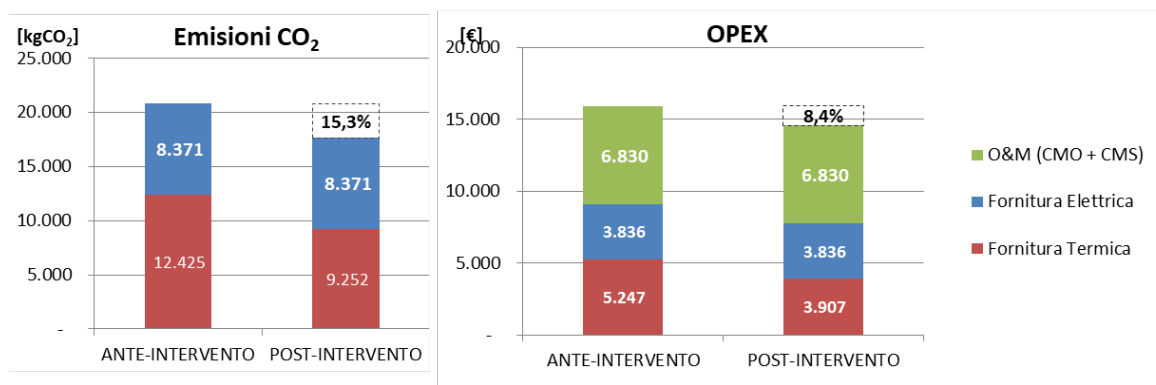
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM3: **isolamento terrazzo con lana di roccia**

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,52	0,2	<b>86,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	63.186	47.048	<b>25,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.302	17.302	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	61.510	45.800	<b>25,5%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.926	17.926	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	9.252	<b>25,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	8.371	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>17.623</b>	<b>15,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.247	3.907	<b>25,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.836	3.836	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>7.743</b>	<b>14,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.396	5.396	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.434	1.434	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.830</b>	<b>6.830</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>14.573</b>	<b>8,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	<b>*1 classe</b>

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.2– EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



#### **EEM 4: isolamento a cappotto**

##### **Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Figura 8.3 - Particolare parete esterna piano primo

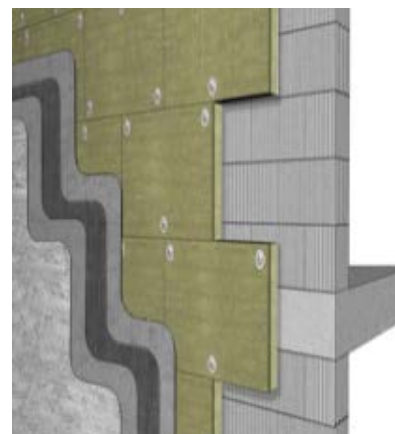


##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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 W/mK**, 10-13 kg/m<sup>3</sup>

**Spessore isolante: 14 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 EEM4 sono riportati nella che segue.

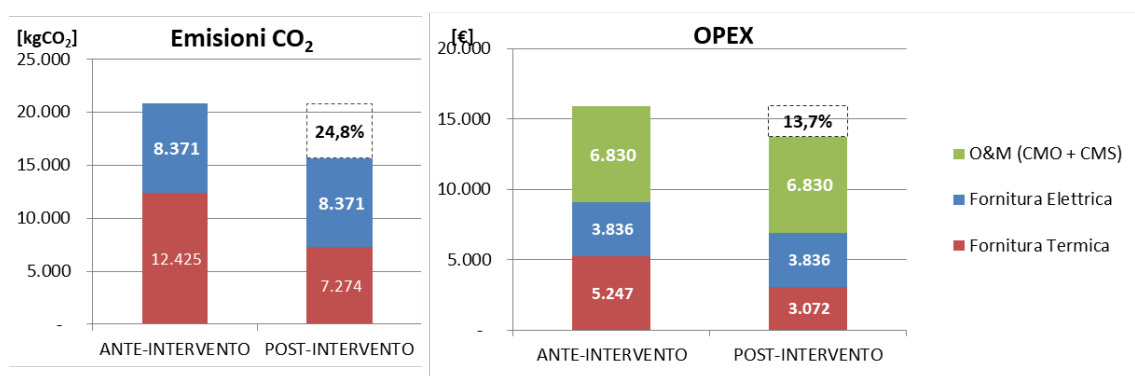
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM4: **isolamento a cappotto**

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Trasmittanza	[W/m²K]	1,2	0,23	<b>80,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	63.186	36.991	<b>41,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.302	17.302	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	61.510	36.010	<b>41,5%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.926	17.926	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	7.274	<b>41,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	8.371	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>15.645</b>	<b>24,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.247	3.072	<b>41,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.836	3.836	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>6.908</b>	<b>23,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.396	5.396	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.434	1.434	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.830</b>	<b>6.830</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>13.737</b>	<b>13,7%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	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]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

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



## **EEM 6: isolamento terrazzo con polistirene**

### **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 8.5 - Particolare della copertura – ripresa satellitare

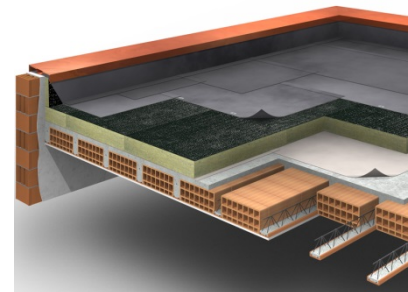


### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

**Polistireneespando in lastre** sinterizzato, conduttività termica lambda **0,039 W/mK**, 10-13 kg/m<sup>3</sup>

**Spessore isolante: 16 cm**



### **Descrizione dei lavori**

L'intervento è così articolato:

- 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;
- posa del manto impermeabile.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1

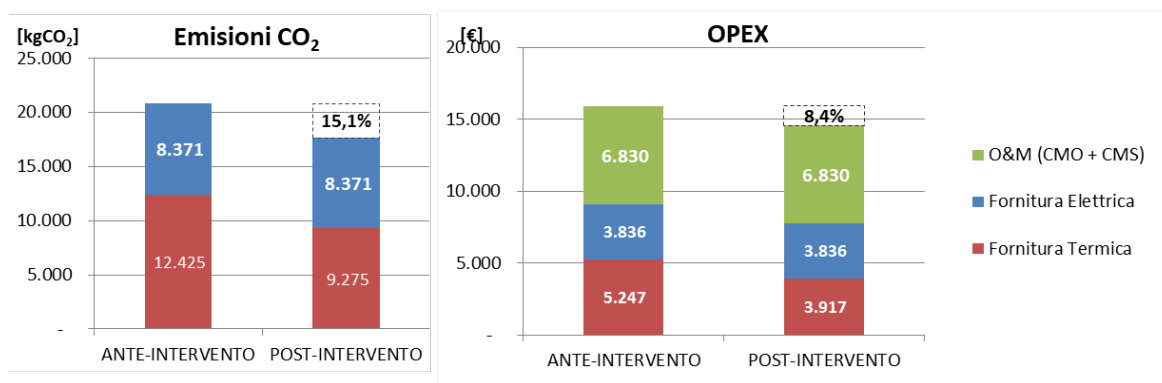


Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM6: **isolamento terrazzo con polistirene**

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM6 Trasmittanza	[W/m²K]	1,5	0,22	<b>85,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	63.186	47.166	<b>25,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.302	17.302	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	61.510	45.915	<b>25,4%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.926	17.926	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	9.275	<b>25,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	8.371	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>17.646</b>	<b>15,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.247	3.917	<b>25,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.836	3.836	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>7.753</b>	<b>14,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.396	5.396	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.434	1.434	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.830</b>	<b>6.830</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>14.582</b>	<b>8,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	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]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.6– EEM6: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

## **EEM 7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo**

### **Generalità**

L'intervento prevede la sostituzione dei serramenti ancora originali in legno e vetro singolo.



Figura 8.7 - Particolare serramenti da sostituire.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

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

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

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



### **Descrizione dei lavori**

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

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

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

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

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

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Figura 8.7 - Particolare serramenti da sostituire.

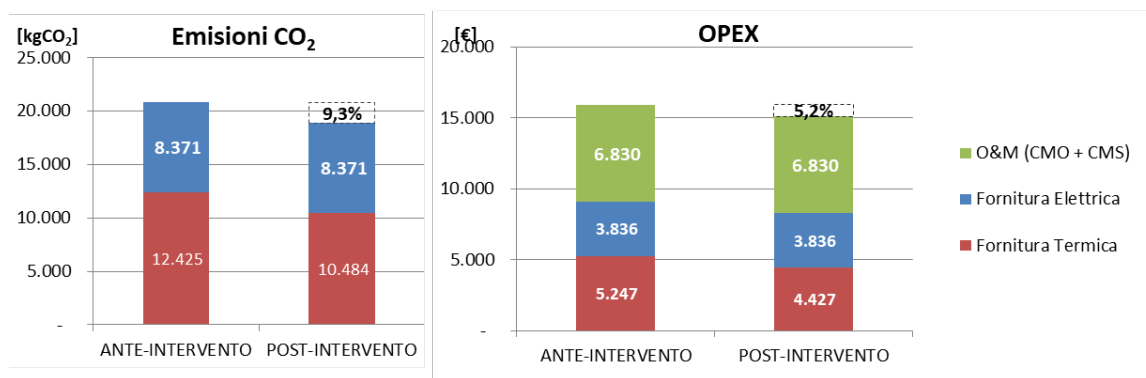
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM7 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	3,5	1,5	<b>57,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	63.186	53.313	<b>15,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.302	17.302	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	61.510	51.899	<b>15,6%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.926	17.926	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	10.484	<b>15,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	8.371	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>18.855</b>	<b>9,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.247	4.427	<b>15,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.836	3.836	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>8.263</b>	<b>9,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.396	5.396	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.434	1.434	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.830</b>	<b>6.830</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>15.093</b>	<b>5,2%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	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]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.8– EEM7: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### **EEM2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole**

##### **Generalità**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Figura 8.9 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

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

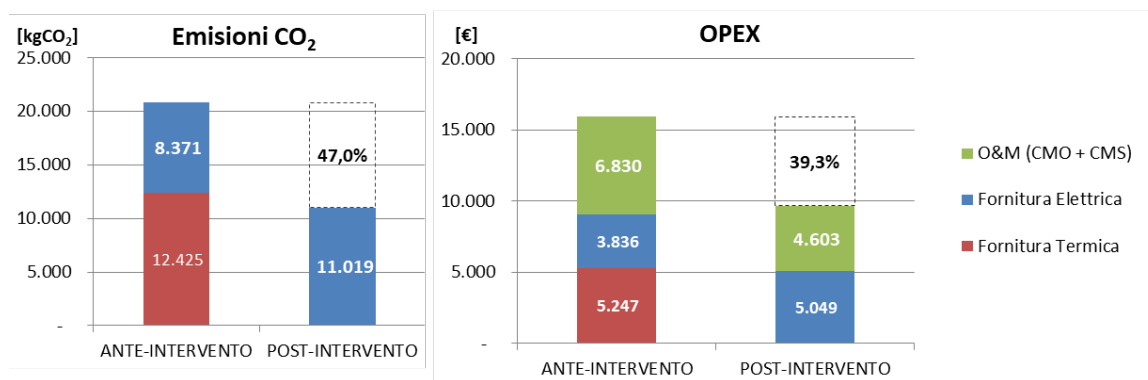
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 rendimento	[%]	94,00%	420,00%	<b>-346,8%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	63.186	-	<b>100,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.302	22.774	<b>-31,6%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	61.510	-	<b>100,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	17.926	23.595	<b>-31,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	-	<b>100,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	11.019	<b>-31,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>11.019</b>	<b>47,0%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.247	-	<b>100,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	3.836	5.049	<b>-31,6%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>5.049</b>	<b>44,4%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.396	4.316	<b>20,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.434	287	<b>80,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>6.830</b>	<b>4.603</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>9.652</b>	<b>39,3%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.10– EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## **EEM 5: 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 EEM5 sono riportati nella Tabella 8.6.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

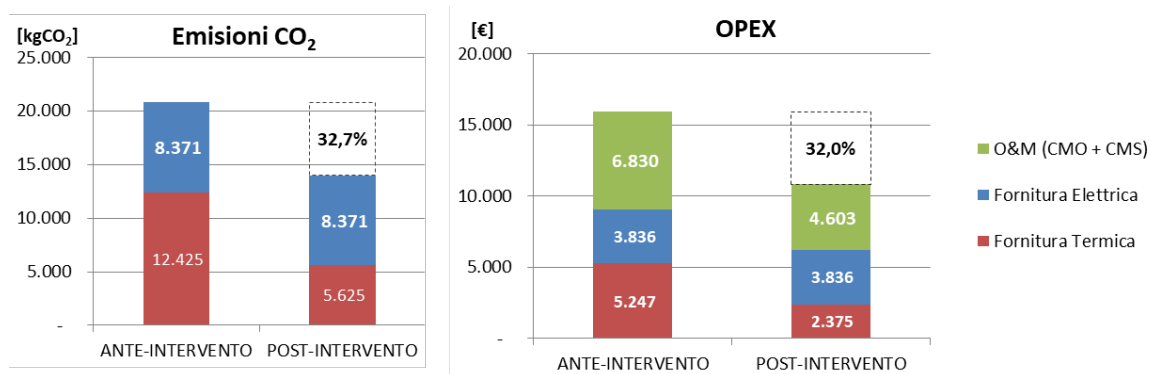
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 Rendimento	[W/m <sup>2</sup> K]	94,00%	106,00%	<b>-12,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	63.186	28.605	<b>54,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.302	17.302	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	61.510	27.846	<b>54,7%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.926	17.926	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	5.625	<b>54,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	8.371	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	[kgCO <sub>2</sub> ]	<b>20.796</b>	<b>13.996</b>	<b>32,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.247	2.375	<b>54,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.836	3.836	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	[€]	<b>9.083</b>	<b>6.211</b>	<b>31,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.396	4.316	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.434	287	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.830</b>	<b>4.603</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>10.814</b>	<b>32,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	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]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]



Figura 8.12– EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 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:

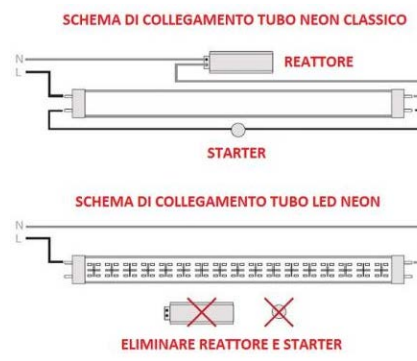
- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo 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. La tecnologia a **LED** proposta ha una 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

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

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.

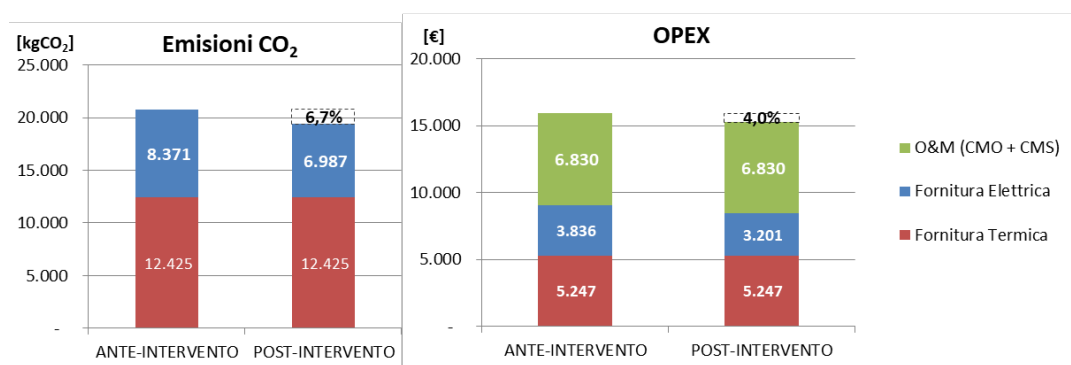
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM1: relamping

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 efficienza luminosa	[lm/W]	84	110	<b>-31,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	63.186	63.186	<b>0,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	17.302	14.440	<b>16,5%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	61.510	61.510	<b>0,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	17.926	14.961	<b>16,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	12.425	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	6.987	<b>16,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>19.412</b>	<b>6,7%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.247	5.247	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	3.836	3.201	<b>16,5%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>8.448</b>	<b>7,0%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.396	5.396	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.434	1.434	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>6.830</b>	<b>6.830</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>15.278</b>	<b>4,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	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]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh]

Figura 8.15– EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessuna EEM prevista. in quanto non sussistono le condizioni 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 EEM 1, 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	FORNITORE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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>	18	cad	7,45	6,77	121,91	22%	148,73
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 24/30 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>	8	cad	10,15	9,23	73,82	22%	90,06
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>	50	cad	19,7	17,91	895,45	22%	1.092,45
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>	3	cad	14,85	13,50	40,50	22%	49,41
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	30	h	31,88	28,98	869,45	22%	1.060,73
Costi per la sicurezza	-	3%	%			60,03	22%	73,24
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			140,08	22%	170,90
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>2.201,25</b>	<b>22%</b>	<b>2.685,53</b>

Nota: si è considerata la sola sostituzione delle lampade senza i corpi illuminanti in considerazione del vincolo esistente sull'edificio 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.

#### **EEM 2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole**

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 2004 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 9.2 – Analisi dei costi della EEM2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0020.g	1	cad	20.104,67	18.276,97	18.276,97	22%	22.297,91
Kit idronico	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.b	1	cad	1.420,71	1.291,55	1.291,55	22%	1.575,70
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	30	cad	35,42	32,20	966,00	22%	1.178,52
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	0,22	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	0,22	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	0,22	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			699,84	0,22	853,80
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.632,95	0,22	1.992,20
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>						<b>25.660,68</b>	<b>22%</b>	<b>31.306,03</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>16.679</b>		<b>20.349</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>3.335,8</b>		<b>4.069,8</b>

Tabella 9.3– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	65%

**EEM 3: isolamento terrazzo con lana di roccia**

Nella Tabella 9. è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella posa di uno stato di isolante sulla copertura piana dell’edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM3: isolamento terrazzo con lana di roccia

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	278,65	mq	6,55	5,95	1.659,23	22%	2.024,27
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	278,65	mq	5,67	5,15	1.436,31	22%	1.752,30
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	278,65*16	mq cm	2,00	1,82	8.106,18	22%	9.889,54
Costi per la sicurezza	-	3%	%			336,05	22%	409,98
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			784,12	22%	956,63
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>						<b>12.321,90</b>	<b>22%</b>	<b>15.032,72</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>4.929</b>		<b>6.013</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>985,8</b>		<b>1.202,6</b>

Tabella 9.5– 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 €

**EEM 4: isolamento a cappotto**

Nella Tabella 9.6 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell’isolamento a cappotto della parete verticale della palestra.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM4: isolamento a cappotto

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 di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	740,33	mq	13,98	12,71	9.408,92	22%	11.478,88
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	740,33	mq cm	2,00	1,82	18.844,76	22%	22.990,61
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1. A10	740,33	mq	21,79	19,81	14.665,26	22%	17.891,62

Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	740,33	mq	5,32	4,84	3.580,51	22%	4.368,22
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	740,33	mq	19,79	17,99	13.319,21	22%	16.249,44
Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	740,33	mq	7,91	7,19	5.323,65	22%	6.494,85
Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	740,33	mq	13,48	12,25	9.072,41	22%	11.068,34
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	740,33	mq	5,98	5,44	4.024,70	22%	4.910,14
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	740,33	mq	14,03	12,75	9.442,57	22%	11.519,94
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	740,33	mq/mese	1,30	1,18	874,94	22%	1.067,42
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.656,71	22%	3.241,18
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			6.198,98	22%	7.562,76
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>						<b>97.412,62</b>	<b>22%</b>	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>29.613</b>		<b>29.613</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>5.922,60</b>		<b>5.922,60</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 €

### **EEM 5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

Nella Tabella 9. è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 1994 con una pompa di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.



Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

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> ]	[€]	[%]	[€]
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B10.010	1	cad	8.918,00	8.107,27	8.107,27	22%	9.890,87
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31
Trasporto a 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	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m <sup>3</sup> km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49

al decimo km.								
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	1	cad	35,42	32,20	32,20	22%	39,28
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 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m <sup>3</sup> /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	1	cad	1.916,48	1.742,25	1.742,25	22%	2.125,55
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	50,06	45,51	45,51	22%	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			379,60	22%	463,11
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			885,73	22%	1.080,59
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>						<b>13.918,62</b>	<b>0,22</b>	<b>16.980,72</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>5.567</b>		<b>6.792</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>1.113,4</b>		<b>1.358,4</b>

Tabella 9.9– Stima dell’incentivo da Conto Termico:

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

**EEM 6: isolamento terrazzo con polistirene**

Nella Tabella 9.10 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nella posa di uno stato di isolante sulla copertura piana dell’edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.

Tabella 9.10 – Analisi dei costi della EEM6: isolamento terrazzo con polistirene

DESCRIZIONE	FONTI 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 <sup>2</sup>						
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	278,65	mq	6,55	5,95	1.659,23	22%	2.024,27
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	278,65	mq	5,67	5,15	1.436,31	22%	1.752,30
Pannelli rigidi in polistirene espanso sinterizzato della densità di 10-13 kg/mc	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	278,65*16	mq cm	0,33	0,30	1.337,52	22%	1.631,77
Costi per la sicurezza	-	3%	%			336,05	22%	409,98
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			784,12	22%	956,63
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM6)</b>						<b>5.553,24</b>	<b>22%</b>	<b>6.774,95</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>2.221</b>		<b>2.710</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>444,2</b>		<b>542</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 €

**EEM 7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo**

Nella Tabella 9.12 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 7, che consiste nella sostituzione dei serramenti originali con nuovi serramenti a vetro doppio con trasmittanza nel rispetto dei limiti per ottenere l’incentivo da conto termico.

Tabella 9.12 – Analisi dei costi della EEM7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo

DESCRIZIONE	FORTE 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> ]	[€]	[%]	[€]
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	92,28	mq	10,15	9,23	851,49	22%	1.038,82
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	92,28	mq	328,90	299,00	27.591,72	22%	33.661,90
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	92,28	mq	47,62	43,29	3.994,89	22%	4.873,76
Costi per la sicurezza	-	3%	%			973,14	22%	1.187,23
Costi	-	7%	%			2.270,67	22%	2.770,21

progettazione (in  
% su importo  
lavori)

<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM7)</b>	<b>35.681,91</b>	<b>22%</b>	<b>43.531,93</b>
--------------------------------------	------------------	------------	------------------

L'intervento appena quantificato risulterebbe incentivabile con il conto termico se accoppiato all'installazione di valvole termostatiche sui radiatori, tuttavia visto l'alto tempo di ritorno dell'intervento singolo non si è considerata tale ipotesi che però viene contemplata nello scenario 2 visto l'ottica di efficientamento globale di tale scenario al fine di diminuire la domanda di energia e non solo migliorare l'efficienza dell'impianto.

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### EEM1: Relamping

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

Tabella 9.2– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1: **Relamping**

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 2.686
Oneri Finanziari % $I_0$	<b>OF</b>	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	3
Vita utile	<b>n</b>	8
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno -
Durata incentivo	$n_B$	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>	4,3
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	4,9
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	951
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	13,2%
Indice di profitto	<b>IP</b>	0,35

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

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

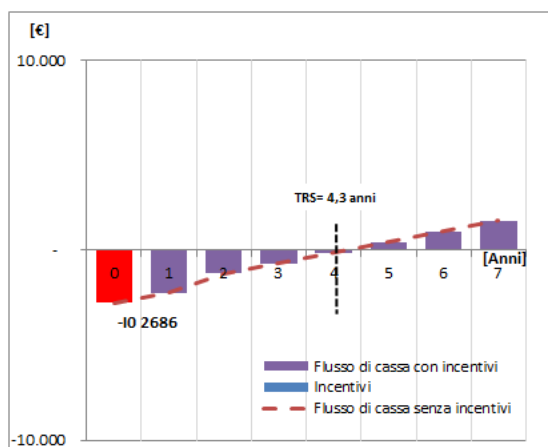
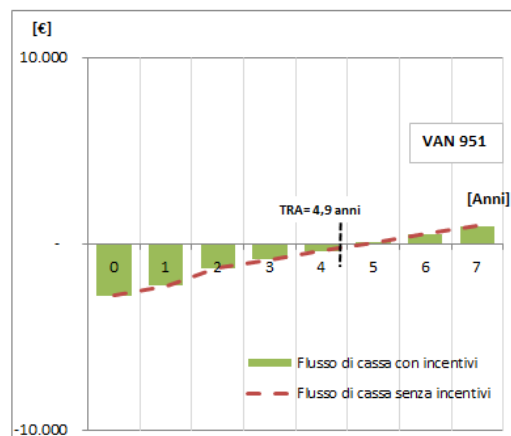


Figura 9.2 – EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



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

## EEM 2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole

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

Tabella 9.3– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2: sostituzione del generatore di calore con Pompa di Calore ed installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	31.306
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	4.070
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,2	2,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,9	3,3
Valore attuale netto	VAN	30.887	49.005
Tasso interno di rendimento	TIR	17,1%	28,0%
Indice di profitto	IP	0,99	1,57

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

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

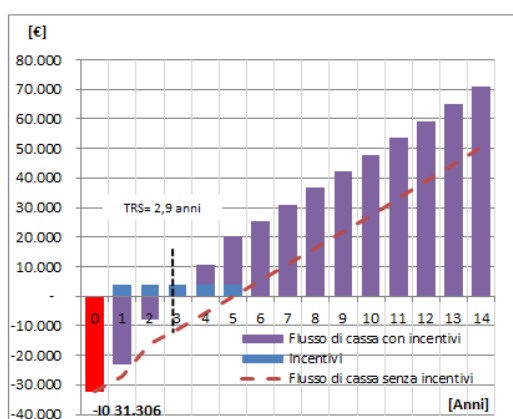
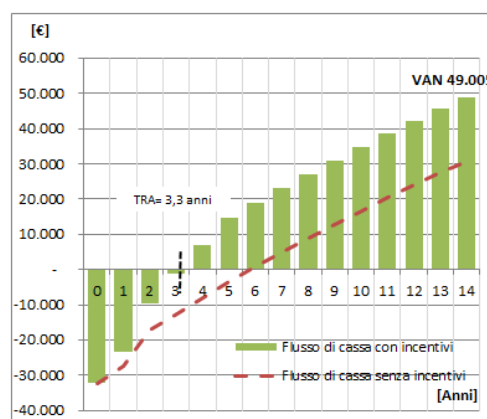


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



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

### EEM 3: isolamento terrazzo con lana di roccia

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

Tabella 9.4– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3: isolamento terrazzo con lana di roccia

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	15.033
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	1.203
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,8	6,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	14,7	7,9
Valore attuale netto	VAN	8.741	14.095
Tasso interno di rendimento	TIR	8,5%	12,9%
Indice di profitto	IP	0,58	0,94

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

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

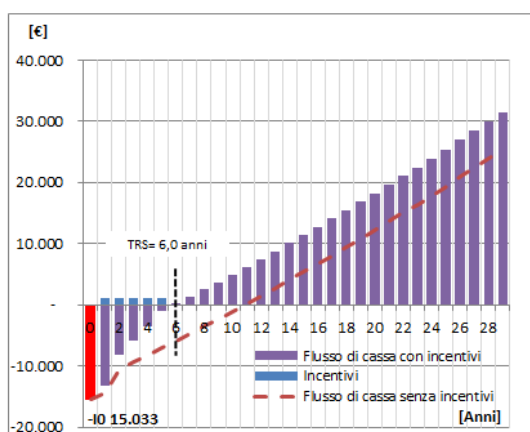
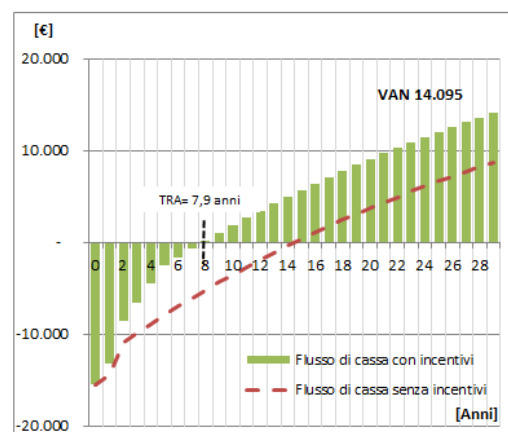


Figura 9.6 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



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



### EEM 4: isolamento a cappotto

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

Tabella 9.5– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4: isolamento a cappotto

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	118.843
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	5.923
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	-2,8%	-0,8%
Indice di profitto	IP	-0,57	-0,34

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

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

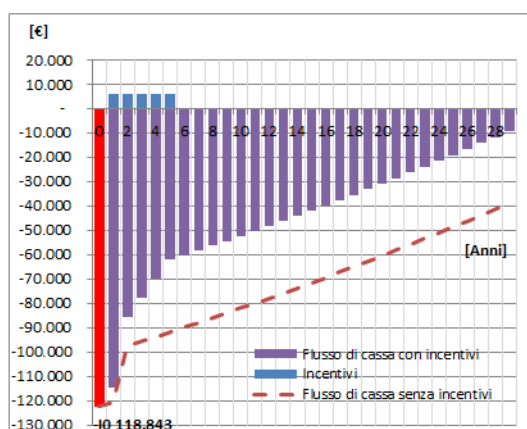
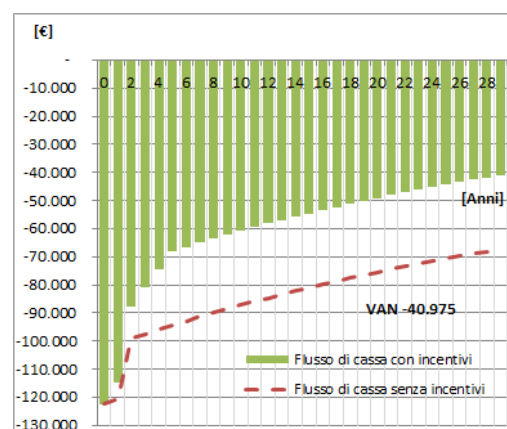


Figura 9.8 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un tempo di ritorno molto lungo vicino al suo tempo di vita stimato ed un van negativo.

### EEM 5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

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

Tabella 9.6– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5: [sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole](#)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	16.981
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	1.358
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	3,5	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,8	2,9
Valore attuale netto	VAN	32.317	38.364
Tasso interno di rendimento	TIR	26,9%	33,5%
Indice di profitto	IP	1,90	2,26

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

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

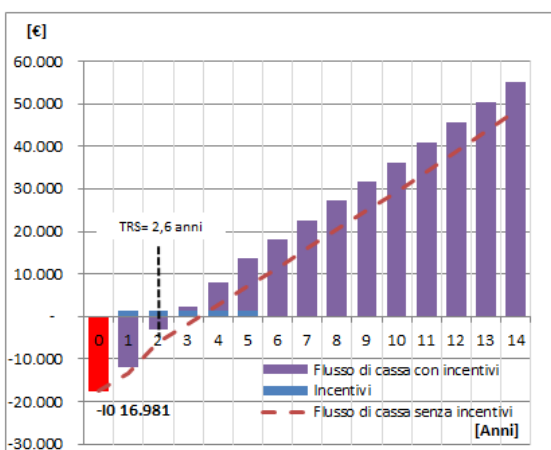
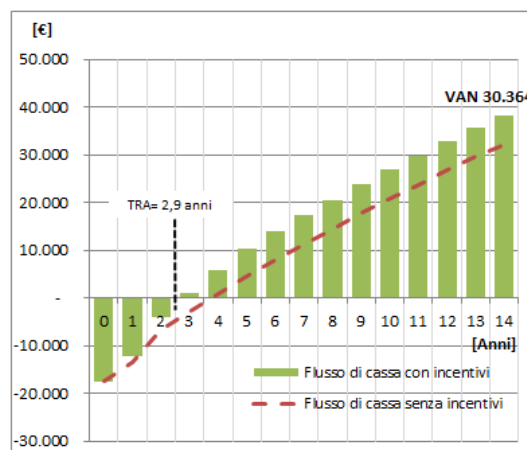


Figura 9.10 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



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

### EEM 6: isolamento terrazzo con polistirene

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

Tabella 9.7– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6: isolamento terrazzo con polistirene

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	6.775
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	542
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,2	3,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,9	3,9
Valore attuale netto	VAN	15.711	18.124
Tasso interno di rendimento	TIR	19,1%	24,5%
Indice di profitto	IP	2,32	2,68

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

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

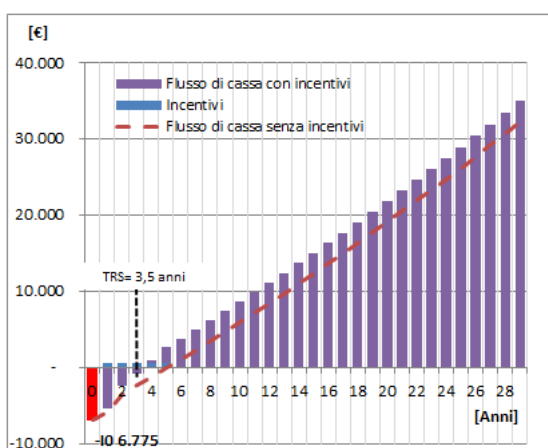
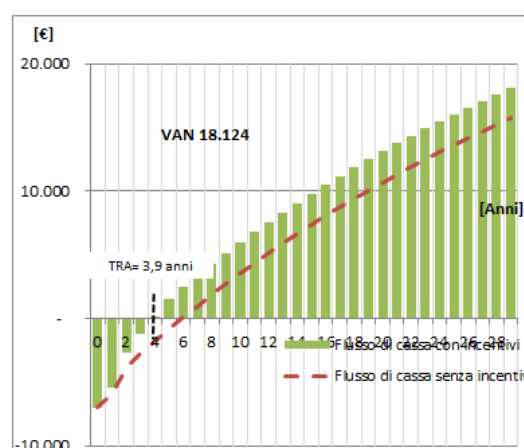


Figura 9.12 – EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



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

### EEM 7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo

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

Tabella 9.8– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM7: [sostituzione dei serramenti a vetro singolo](#)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	43.532
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	-2,6%	-2,6%
Indice di profitto	IP	-0,56	-0,56

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

Figura 9.13 – EEM7: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

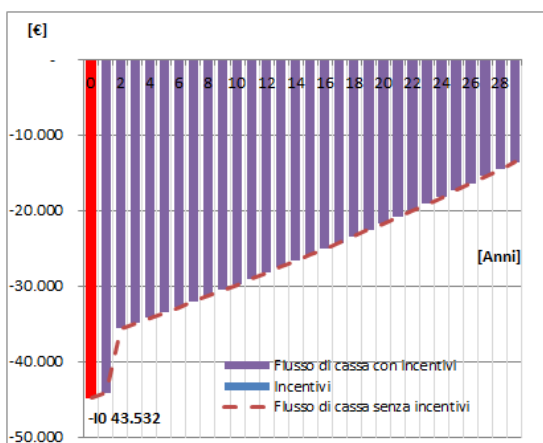
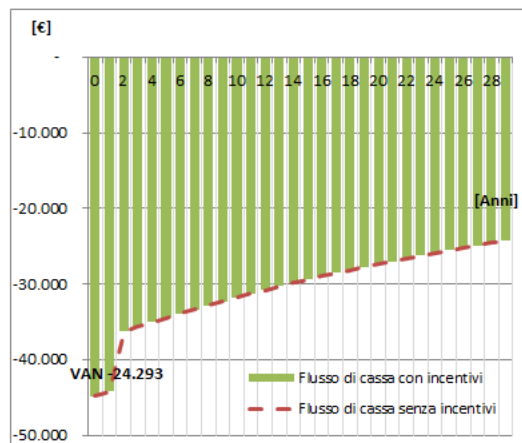


Figura 9.14 – EEM7: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un tempo di ritorno molto lungo ed un van negativo.

## Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	7%	7%	634	0	0	2.686	4,35	4,86	8	951	13%	0,35
EEM 2	44%	47%	4.034	1.079	1.147	31.306	5,16	5,86	15	30.887	17%	0,99
EEM 3	15%	15%	1.340	0	0	15.033	10,85	14,66	30	8.741	9%	0,58
EEM 4	24%	25%	2.175	0	0	118.843	>30	>30	30	<0	-3%	-0,57
EEM 5	32%	33%	2.872	1.079	1.147	16.981	3,47	3,82	15	32.317	27%	1,90
EEM 6	15%	15%	1.330	0	0	6.775	5,20	5,91	30	15.711	19%	2,32
EEM 7	9%	9%	820	0	0	43.532	>30	>30	30	<0	-3%	-0,56

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi sugli impianti e l'isolamento del terrazzo di copertura hanno buon tempi di ritorno. L'intervento 1 inoltre, in considerazione del tempo di ritorno e dei consumi, è altamente prioritario.

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

	CON INCENTIVI											
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	7%	7%	634	0	0	2.686	4,35	4,86	8	951	13%	0,35
EEM 2	44%	47%	4.034	1.079	1.147	31.306	2,88	3,30	15	49.005	28%	1,57
EEM 3	15%	15%	2.545	0	0	15.033	5,96	7,92	30	14.095	13%	0,94
EEM 4	24%	25%	2.175	0	0	118.843	>30	>30	30	<0	-0,76%	-0,34
EEM 5	32%	33%	2.872	1.079	1.147	16.981	2,64	2,85	15	38.364	34%	2,26
EEM 6	15%	15%	1.330	0	0	6.775	3,54	3,89	30	18.124	25%	2,68
EEM 7	9%	9%	820	0	0	43.532	>30	>30	30	<0	-3%	-0,56

Dall'analisi dei risultati emerge che rispetto al caso senza incentivi non cambia niente a parte la ovvia riduzione dei tempi di ritorno, che restano comunque alti per le EEM4 e EEM7.

Come appena rilevato l'intervento sui serramenti risulta economicamente non auspicabile né con né senza incentivi tuttavia, essendo l'edificio una scuola e dovendo essere garantiti degli standard di sicurezza adeguati, si è ritenuto importante valutarlo ugualmente in modo da dare al gestore una informazione in più al momento di decidere su cosa intervenire.

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

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

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

Per fattibilità economica delle soluzioni integrate si 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: SCN1:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'intervento 3 e 5
- **Scenario 2: SCN2:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'intervento 1, 5, 6 e 7

### 9.3.1 Scenario 1: SCN1

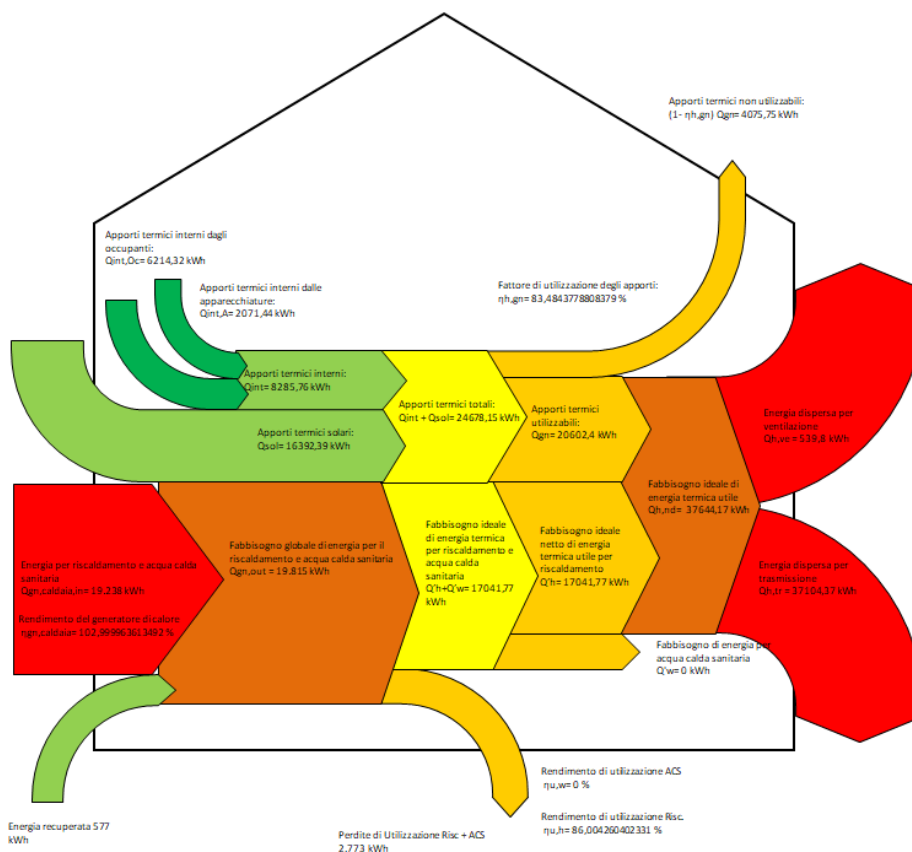
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM 3: isolamento terrazzo con 16 cm di lana di roccia
- EEM 5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	11.201,73	2.464,38	13.666,11
EEM5 Fornitura & Posa	13.032,89	2.867,24	15.900,13
Costi per la sicurezza	715,65	157,44	873,09
Costi per la progettazione	1.669,85	367,37	2.037,22
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>26.620,12</b>	<b>5.856,43</b>	<b>32.476,55</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	4.316	287	4.603
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>4.316</b>	<b>287</b>	<b>4.603</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>13.915</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>2.783</b>	

Figura 9.15 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento





Dal diagramma sopra si può notare una diminuzione del fabbisogno dell'edificio ed un recupero energetico.

Figura 9.16 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

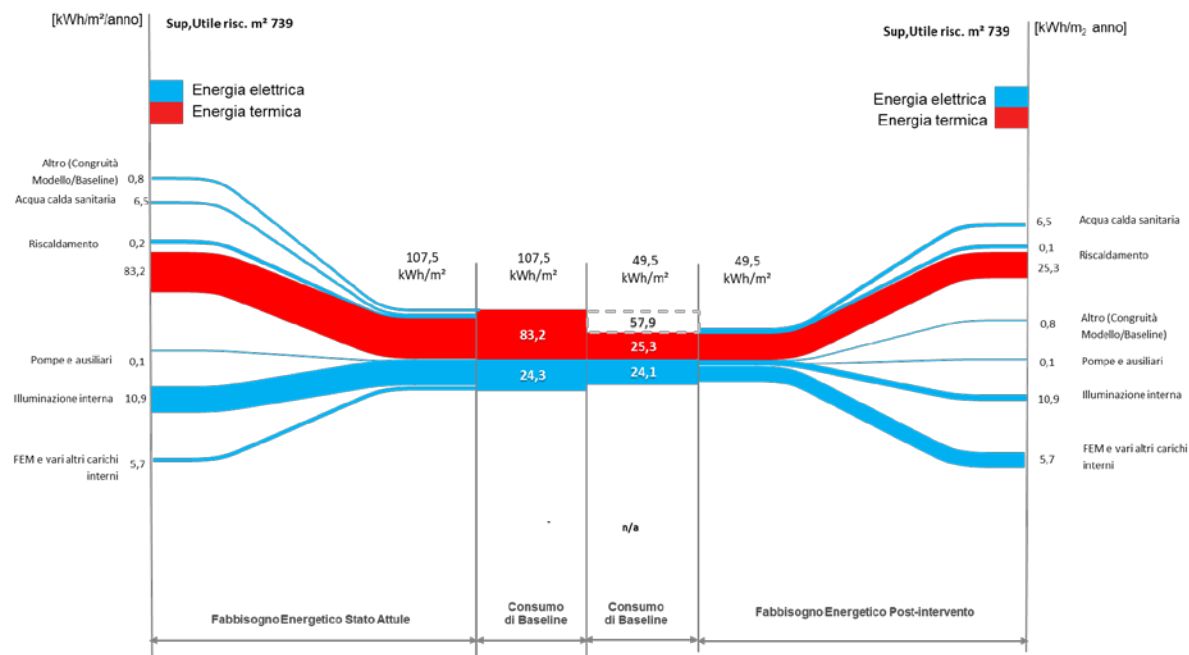
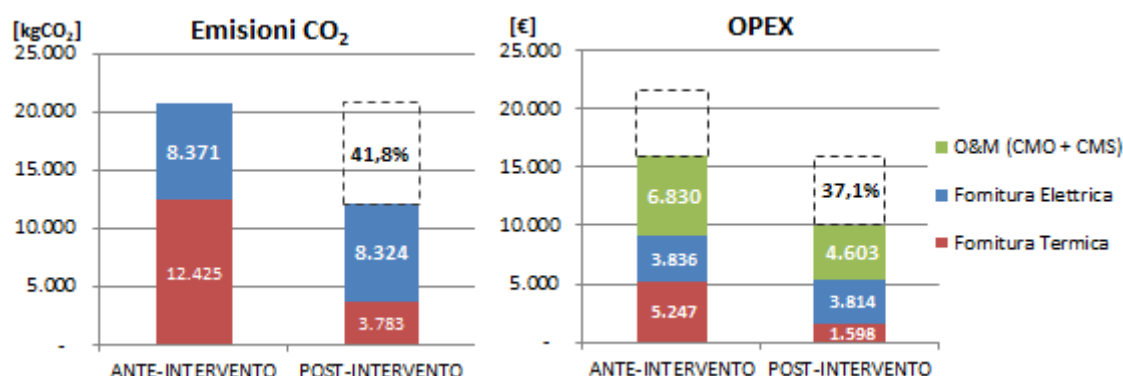


Tabella 9.12– Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 [rendimento]	[%]	63	405	<b>-542,9%</b>
EEM3 [trasmittanza]	[W/m²K]	1,52	0,2	<b>86,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	63.186	19.238	<b>69,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.302	17.205	<b>0,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	61.510	18.728	<b>69,6%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.926	17.825	<b>0,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	3.783	<b>69,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	8.324	<b>0,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>12.107</b>	<b>41,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.247	1.598	<b>69,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.836	3.814	<b>0,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>5.412</b>	<b>40,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.396	4.316	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.434	287	<b>80,0%</b>
<b>O&amp;M (C<sub>MO</sub> + C<sub>MS</sub>)</b>	<b>[€]</b>	<b>6.830</b>	<b>4.603</b>	<b>32,6%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>15.913</b>	<b>10.015</b>	<b>37,1%</b>
Classe energetica	[-]	E	B	+3 classi

Figura 9.17– SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

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.

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

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	5
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 32.477
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 974
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 33.451
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 26.761
Equity	$I_E$	€ 6.690
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	4,55
Rata annua debito	$q_D$	€ 5.888

Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	29.438
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	2.678

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	7.445
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	5.598
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>13.043</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>40,4%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>32,6%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>5,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>4.266</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	652
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	29.849
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	5.783
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>102,35%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	2.445
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	191
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	977
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	3.918
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	4.859
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	8.777
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	3.614
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>12.391</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	5.856
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	13.915
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>5,49</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>6,09</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>22.785</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>16,14%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>70,16%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>5,06</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>6,13</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>14.675</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>35,83%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,108</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>		<b>2,933</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		<b>45,19%</b>

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

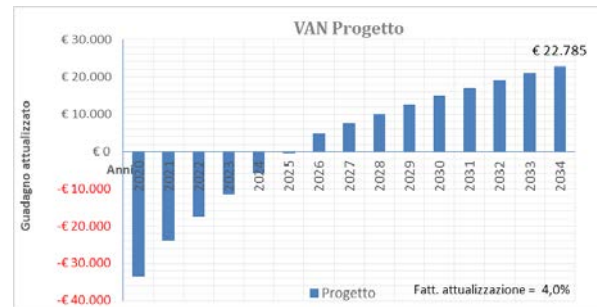
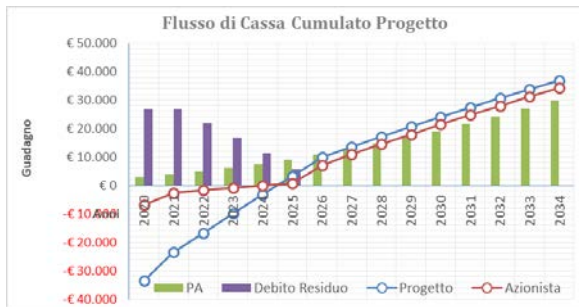


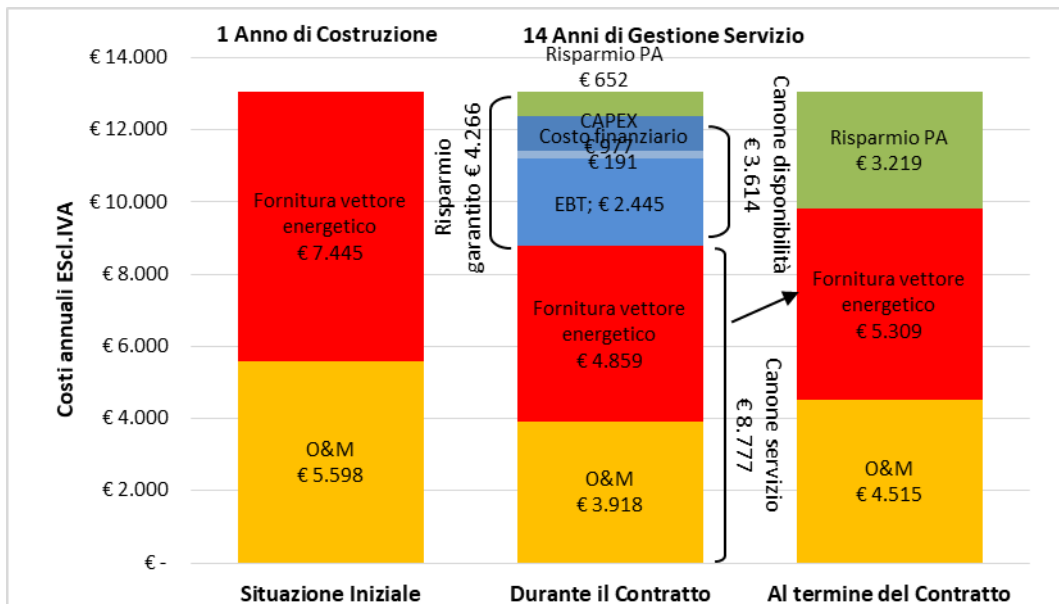
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento rispetta sia il requisito del salto di classe sia quello del tempo di ritorno entro i 15 anni.

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

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: SCN2

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

- EEM 1: relamping
- EEM 5: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole
- EEM 6: isolamento terrazzo con 16 cm di polistirene
- EEM 7 : sostituzione serramenti a vetro singolo

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	2.001,14	440,25	2.441,39
EEM5 Fornitura & Posa	13.032,89	2867,2357	15.900,13
EEM6 Fornitura & Posa	4.433,07	975,275	5.408,34
EEM7 Fornitura & Posa	32.438,10	7136,3815	39.574,48
Costi per la sicurezza	1.748,83	384,74208	2.133,57
Costi per la progettazione	4.080,60	897,73153	4.978,33
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>57.734,62</b>	<b>12.701,62</b>	<b>70.436,23</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
EEM1 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	4.316	287	4.603
EEM6 O&M	0	0	0
EEM7 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>4.316</b>	<b>287</b>	<b>4.603</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>35.335,00</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>	<b>Incentivo annuo</b>		<b>6.067</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.

Dal diagramma di Sankey si può notare una diminuzione del fabbisogno dell'edificio ed un aumento del rendimento del generatore ed un calo del consumo di energia elettrica.

Figura 9.21 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

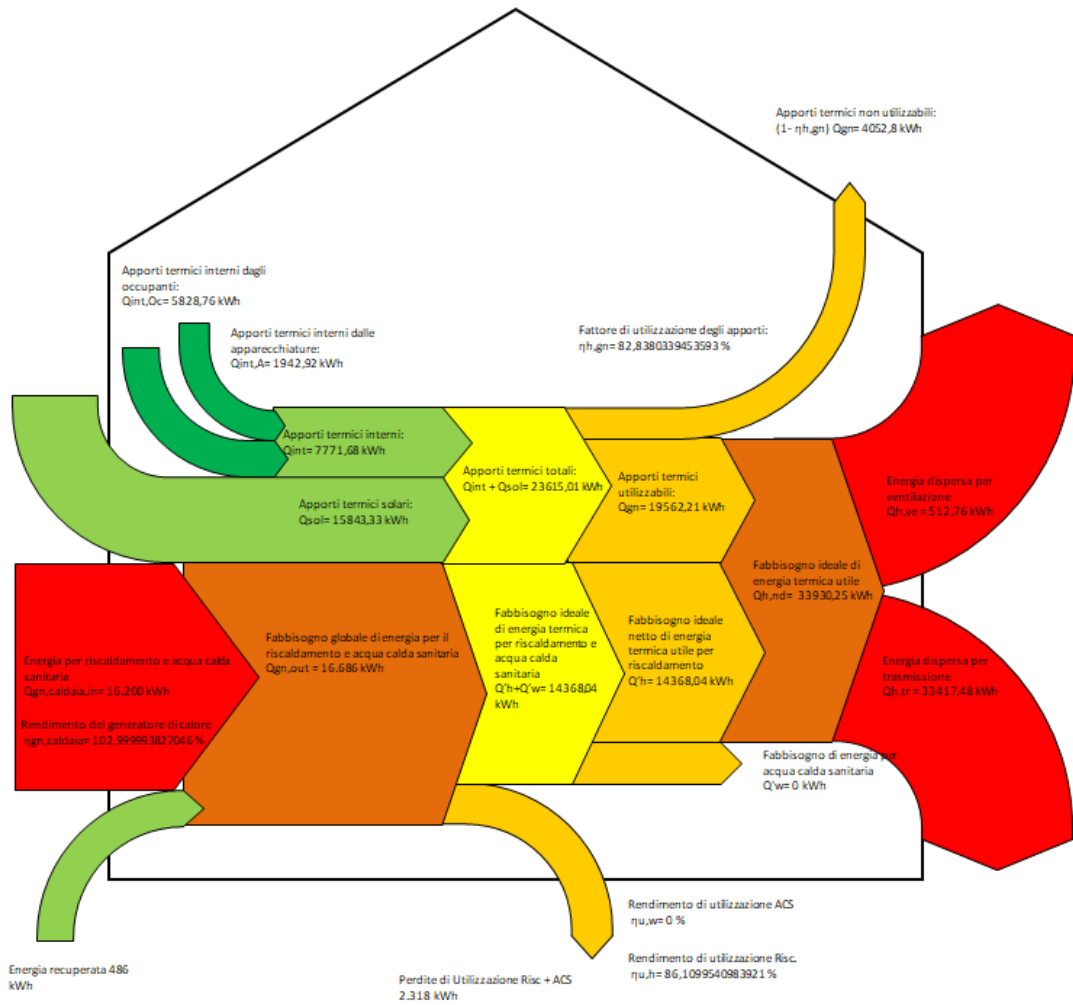


Figura 9.22 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

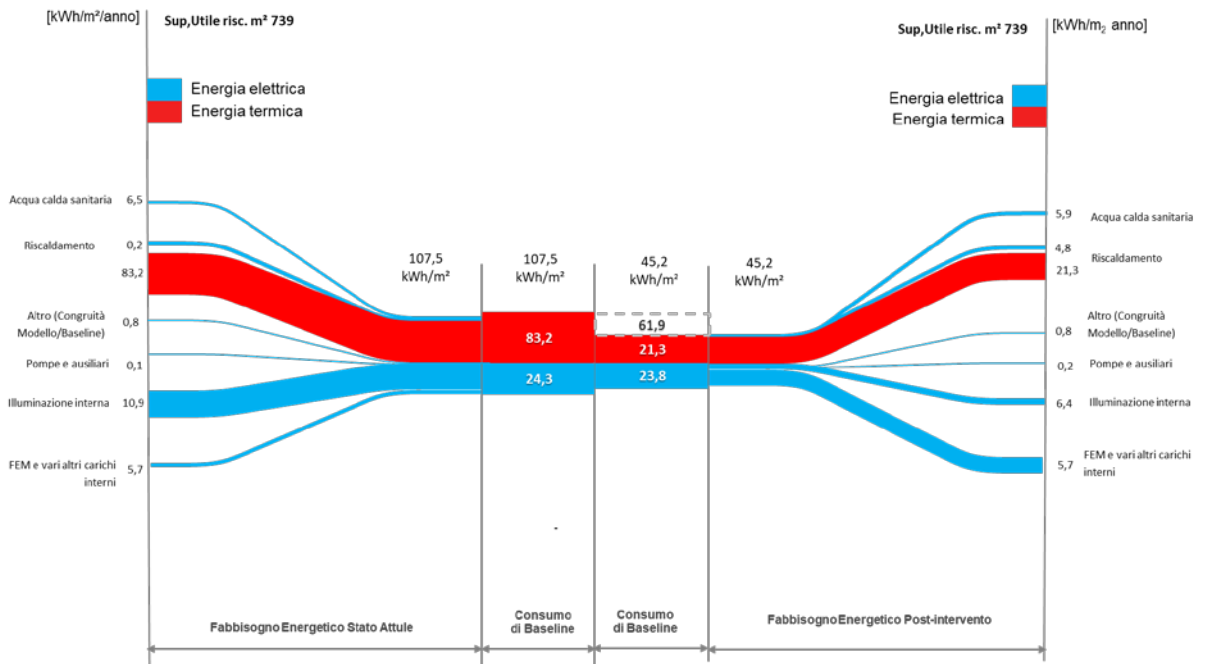
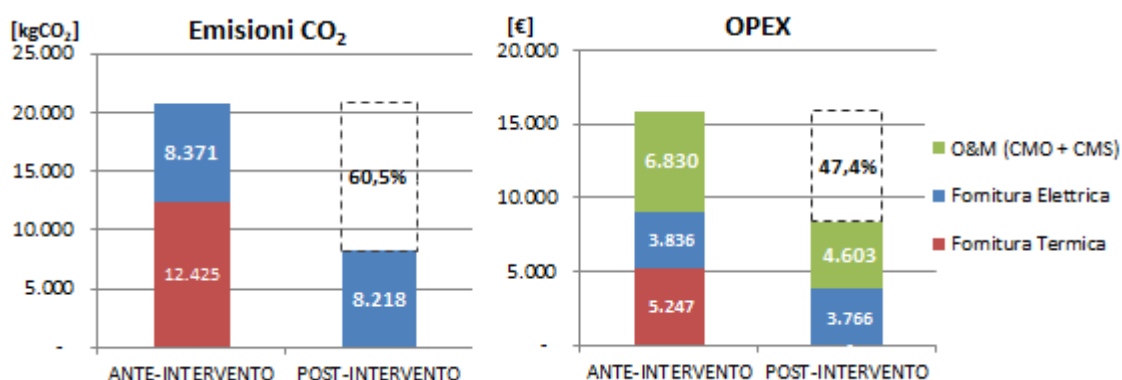


Tabella 9.17– Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM 1[efficienza luminosa]	[lm/W]	84	110	<b>-31,0%</b>
EEM 5[rendimento]	[%]	63	103	<b>-63,5%</b>
EEM 6[trasmissione]	[W/m²K]	1,5	0,22	<b>85,3%</b>
EEM 7 [trasmissione]	[W/m²K]	3,5	1,5	<b>57,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	63.186	-	<b>100,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.302	16.985	<b>1,8%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	61.510	-	<b>100,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.926	17.598	<b>1,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.425	-	<b>100,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.371	8.218	<b>1,8%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>20.796</b>	<b>8.218</b>	<b>60,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.247	-	<b>100,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.836	3.766	<b>1,8%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.083</b>	<b>3.766</b>	<b>58,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.396	4.316	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.434	287	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.830</b>	<b>4.603</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>15.913</b>	<b>8.369</b>	<b>47,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	B	+3 classi

Figura 9.23– SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



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

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	24
Anni Concessione	$n$	25
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	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	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 70.436
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.113
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 72.549
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 58.039
Equity	$I_E$	€ 14.510
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	4,55
Rata annua debito	$q_D$	€ 12.769
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 63.847
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 5.807

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 7.445
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 5.598
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 13.043
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	58,5%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 5.424
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 652
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 69.543
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 8.335
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	109,19%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{Esco}$	€ 3.301



Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	242
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	1.230
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	4.018
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	3.600
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	7.618
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	4.772
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>12.391</b>
Aliquota IVA %	$IVA$		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	12.702
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	30.335
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.20 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>6,78</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>8,68</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 40.171</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>11,36%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>57,03%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>7,65</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>9,68</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 17.792</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>18,56%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>0,918</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>2,902</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>25,26%</b>

Figura 9.24 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



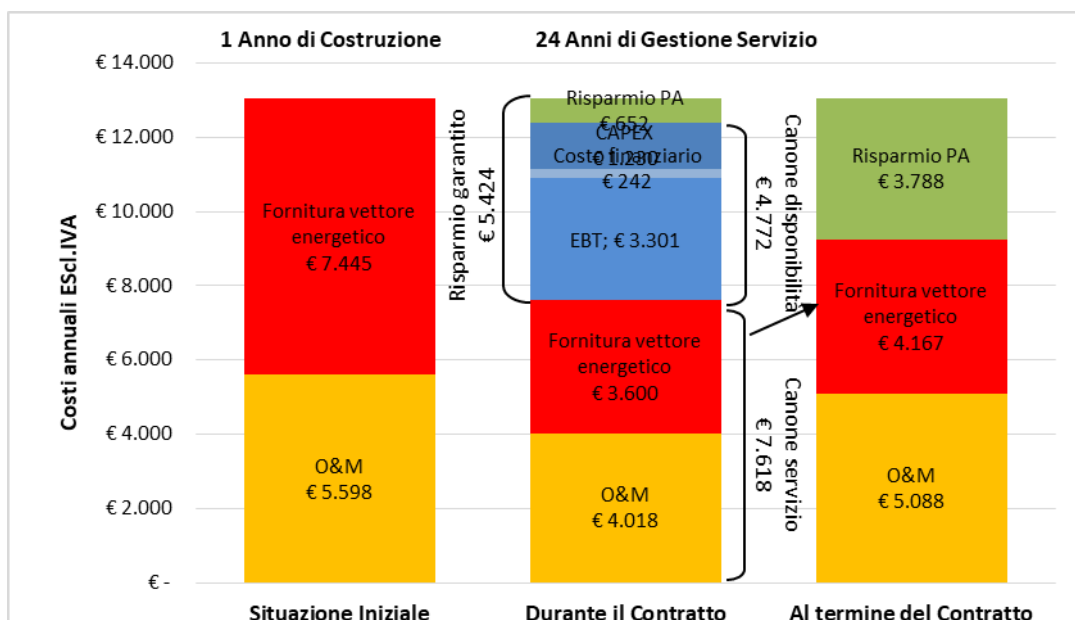
Figura 9.25 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento rispetta sia il requisito del salto di classe sia quello del tempo di ritorno entro i 25 anni.

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

Figura 9.26 – 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<sub>R</sub> ed INSUFFICIENTE per l'indice IEN<sub>E</sub>.

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	11,95	9,22	8,57			
Energia elettrica				18,77	16,32	15,96

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

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha non ha evidenziato la superiorità di uno scenario rispetto all'altro. Entrambi rispettano i tempi di ritorno ed il salto di classe richiesti dalla committenza tuttavia dall'analisi dei consumi e degli indici sopra riportati si ritiene consigliabile l'attuazione del secondo scenario in quanto comprensivo di interventi anche sull'impianto elettrico.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	CON INCENTIVI												
	%Δ <sub>E</sub> [%]	%Δ <sub>CO2</sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/a]	ΔC <sub>MO</sub> [€/a]	ΔC <sub>MS</sub> [€/a]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	40%	42%	3.671	1.079	1.147	32.477	5,06	6,13	14.675	36%	0,45	1,108	2,933
SCN 2	59%	60%	5.317	1.079	1.147	70.436	7,65	9,68	17.792	19%	0,25	0,918	2,902

### 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
- i consumi elettrici risultano molto elevati
- l'involucro opaco è privo di isolante
- parte dell'involucro trasparente è obsoleto e parte, seppur a vetro doppio, non molto prestante.
- non è stato constatato un sovriscaldamento degli ambienti

L'edificio registra consumi elettrici elevati ma termici all'interno della media nazionale.

Dalle considerazioni appena fatte è importante attuare misure per la riduzione dei consumi elettrici ed intervenire sull'involucro al fine di porre in essere interventi che producano un efficientamento energetico duraturo nel tempo e nello stesso tempo migliorino il confort degli utenti.

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

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo Evo (Efficiency Valutation 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 PIANO 1 EDIFICIO	11/1999	PIAN1
02	TAVOLA PIANO AMM. EDIFICIO	11/1999	PIANAMM
03	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	11/1999	PIANT
04	SCHEMA CENTRALE TERMICA	06/2017	159-S01-001-CENTRALE TERMICA
05	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-159-P00
06	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-159-P01
07	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-159-P02
08	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-159-P00 - Checklist
09	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-159-P01 - Checklist
10	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-159-P02 - Checklist
11	CENSIMENTO PIANO S1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-159-S01 – Checklist
12	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065499
13	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098221
14	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134954
15	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176200
16	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700214973
17	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248946
18	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291259
19	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345571
20	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373395
21	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411457
22	FATTURA DEL 24/02/2015	03/2014	2014-5700477402
23	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700510846
24	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544221
25	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750082986
26	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140843
27	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163928
28	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175671
29	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337521
30	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234064
31	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281519
32	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163928
33	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386675
34	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281519
35	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337521
36	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163928
37	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386675
38	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337521
39	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163928
40	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386675
41	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163928
42	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432862
43	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483581
44	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018556
45	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483581
46	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084133
47	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018556
48	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084133
49	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163928
50	FATTURA DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310244
51	FATTURA DEL 03/03/2016	09/2017	2015-E000150589
52	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150589



## E1824 – Scuola materna Tollot Occidentale

53	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084134
54	FATTURA DEL 01/04/2016	01/2018	2016-E000194172
55	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334603
56	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238236
57	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334603
58	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150589
59	FATTURA DEL 01/04/2016	01/2018	2016-E000194172
60	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238236
61	FATTURA DEL 01/06/2016	01/2018	2016-E000278553
62	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334603
63	FATTURA DEL 25/05/2016	01/2018	2016-011640018115
64	FATTURA DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087941
65	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025275
66	FATTURA DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640048519
67	FATTURA DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060830
68	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074903
69	FATTURA DEL 19/12/2016	01/2018	2016-011640126636
70	FATTURA DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011740042570
71	FATTURA DEL 15/11/2016	01/2018	2016-011640100078
72	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001581
73	FATTURA DEL 25/07/2014	03/2014	2014-20141121932
74	FATTURA DEL 25/08/2015	03/2015	2015-20151551
75	FATTURA DEL 15/07/2015	03/2015	2015-P150007518
76	FATTURA DEL 18/08/2015	03/2015	2015-P150015576
77	FATTURA DEL 16/09/2015	03/2015	2015-P150019771
78	FATTURA DEL 16/10/2015	03/2015	2015-P150032667
79	FATTURA DEL 16/11/2015	03/2015	2015-P150037967
80	FATTURA DEL 17/08/2015	03/2015	2015-20151421
81	FATTURA DEL 16/12/2015	03/2015	2015-P150048624
82	FATTURA DEL 19/01/2016	03/2015	2015-P150003881
83	FATTURA DEL 16/02/2016	09/2017	2016-P160012671
84	FATTURA DEL 16/03/2016	09/2017	2016-P160023980
85	FATTURA DEL 15/04/2016	09/2017	2016-P160031417
86	FATTURA DEL 06/05/2016	09/2017	2016-EX15066/2016
87	FATTURA DEL 18/05/2016	09/2017	2016-P160041242
88	FATTURA DEL 10/06/2016	09/2017	2016-EX19107/2016
89	FATTURA DEL 04/07/2016	09/2017	2015-EX22893/2016
90	FATTURA DEL 19/07/2016	09/2017	2015-P160053190
91	FATTURA DEL 08/08/2016	09/2017	2015-EX26900/2016
92	FATTURA DEL 05/09/2016	09/2017	2015-EX31010/2016
93	FATTURA DEL 06/10/2016	09/2017	2015-EX33534/2016
94	FATTURA DEL 14/11/2016	09/2017	2015-EX38844/2016
95	FATTURA DEL 12/12/2016	09/2017	2015-EX43773/2016
96	FATTURA DEL 10/01/2017	09/2017	2015-EX03011/2017

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI PLANIMETRICI	03/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0 DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1 DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
02	ANALISI FATTURE FORNITURA EE	03/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
03	ANALISI FATTURE FORNITURA GAS	03/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraGas
04	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
05	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1824 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-E1824_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

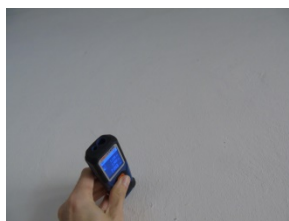
##### **Distanziometro e bindella metrica**

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.

## E1824 – Scuola materna Tollot Occidentale

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 (endoscopia 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-E1824_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1824_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-E1824_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-E1824_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoI-Dati climatici



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoK-SchedeOre

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	04/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1824_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

**ALLEGATO N – CD-ROM**