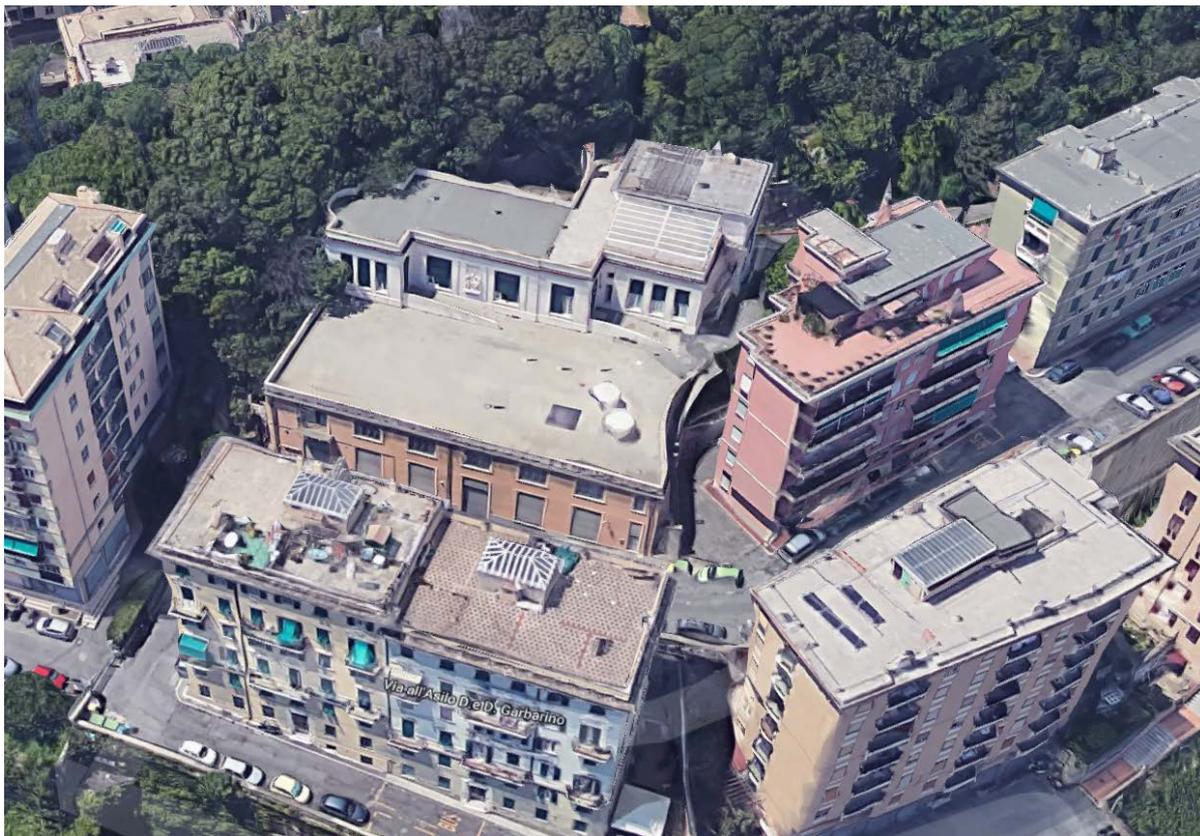


# Scuola Comunale infanzia “Garbarino” e scuola primavera mista “Garbarino”

E1570

Via Asilo D. Garbarino n° 17

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **Scuola Comunale infanzia “Garbarino” e scuola primavera mista “Garbarino”**

**E1570**

**Via Asilo D. Garbarino n° 17**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

IQS srl

Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero

T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) [info@iqssrl.eu](mailto:info@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	Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018
C	25/05/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
D	21/06/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 20/06/2018

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

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



## INDICE

## PAGINA

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL’EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI .....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO .....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO .....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	22
4.6 E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	23
<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-INTREVENTO .....</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 <i>Vettore elettrico</i> .....	46
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	49



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	50
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>52</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	62
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	63
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....	63
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	64
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	66
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>67</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	67
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	72
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	81
9.3.1	<i>Scenario 1: SCN1</i> .....	83
9.3.2	<i>Scenario 2: SCN2</i> .....	89
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>95</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	95
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	95
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	95
<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>		<b>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1946
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> ]	613
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	1.993
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.879
Rapporto S/V	[1/m]	0,51
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.009
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.747
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.757
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	34-170
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	21,32
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>rit</sub> /anno]	60.672
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.183
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	21.076
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.406

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: relamping
- EEM 2: isolamento della copertura
- EEM 3: cappotto interno ed esterno ed isolamento solaio su zone non riscaldate
- EEM 4: installazione termovalvole
- EEM 5: sostituzione serramenti a vetro singolo ed installazione termovalvole
- EEM 6: isolamento sottofinestra e solaio su zone non riscaldate
- SCN 1: EEM1 + EEM4
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM6

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	6%	6%	559	0	0	1.976	3,63	3,99	8	1.173	19%	0,59	-	-
EEM 2	26%	26%	2.463	0	0	28.605	6,56	8,59	30	25.420	13%	0,89	-	-
EEM 2bis	24%	25%	2.324	0	0	35.918	4,94	7,74	30	25.427	12,16%	0,71	-	-
EEM 3	16%	16%	1.519	0	0	1.210	0,99	0,96	15	13.247	107%	10,95	-	-
EEM 4	19%	20%	1.852	0	0	29.660	8,93	12,78	30	14.143	9%	0,48	-	-
EEM 5	7%	7%	638	0	0	2.680	3,16	3,47	30	8.987	29%	3,35	-	-
SCN 1	22%	22%	2.097	0	0	3.185	4,36	4,74	15	732	31,8%	0,23	0,76	1,79
SCN 2	46%	47%	4.399	0	0	34.470	2,91	3,53	25	6.397	28,8%	0,18	1,19	1,80

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

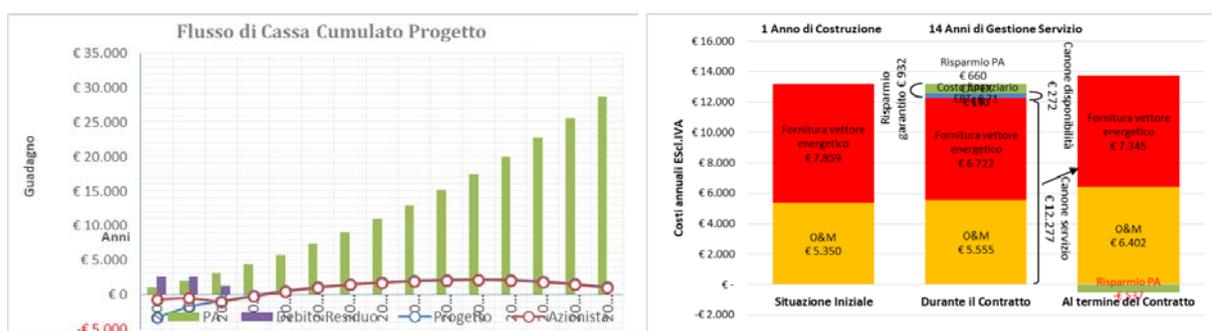
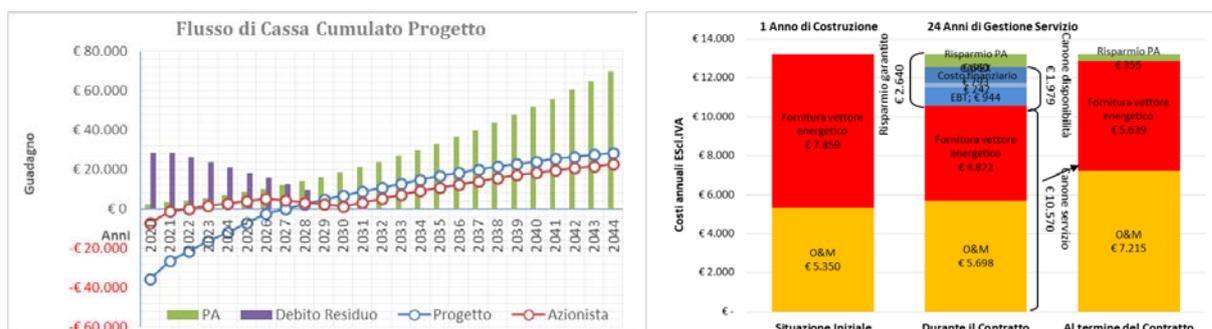


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Si sottolinea che si è cercato di definire gli scenari SCN1 e SCN2 in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni) tuttavia in considerazione dei vincoli presenti sull’edificio e degli interventi di efficientamento degli impianti termici appena effettuati (generatore di calore sostituito nel 2017) non sono riusciti a delineare scenari che prevedano il salto di classe richiesto. E’ tuttavia importante sottolineare come la classe venga definita in rapporto ad un edificio ideale uguale per forma e dimensioni a quello considerato ma con le strutture e gli impianti pari al minimo di legge; il dato che realmente indica la performance energetica dell’edificio è l’indice di prestazione globale ed in tale senso gli scenari delineati individuano una notevole diminuzione di tale indice.

## 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 – ripresa satellitare



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 le 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
Ing. Elena Mazzucco		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, sezione GEC, foglio 15 Mappale 132 graffato al mappale 134, Sub. 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad asilo nido.

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		1946
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> ]	613
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	1.993
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.879
Rapporto S/V	[1/m]	0,51
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.009

Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.747
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.757
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	34-170
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	21,32
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>rit</sub> /anno]	60.672
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.183
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	21.076
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.406

Nota (1): Valori di Baseline

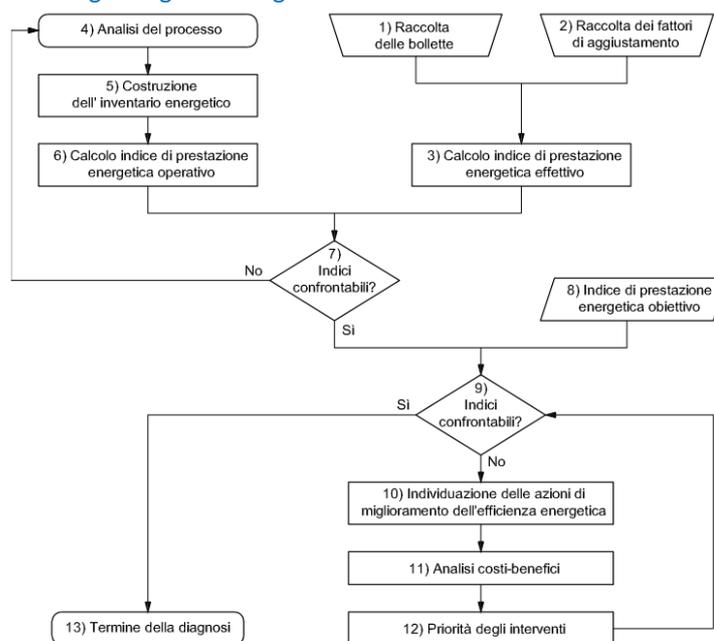
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2018 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- 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;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

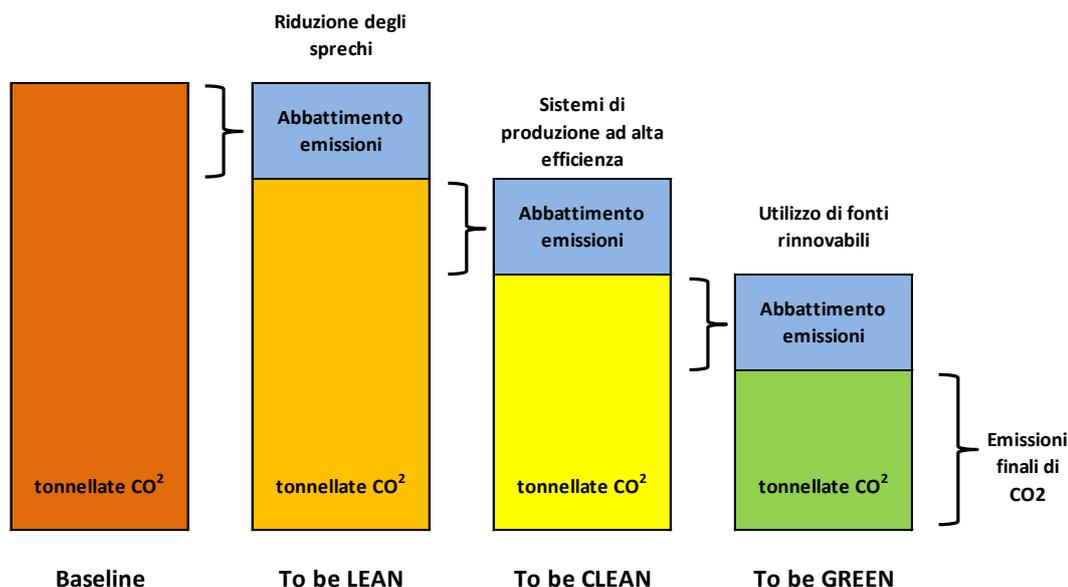
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulle domande d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalle 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 LLLCR 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:

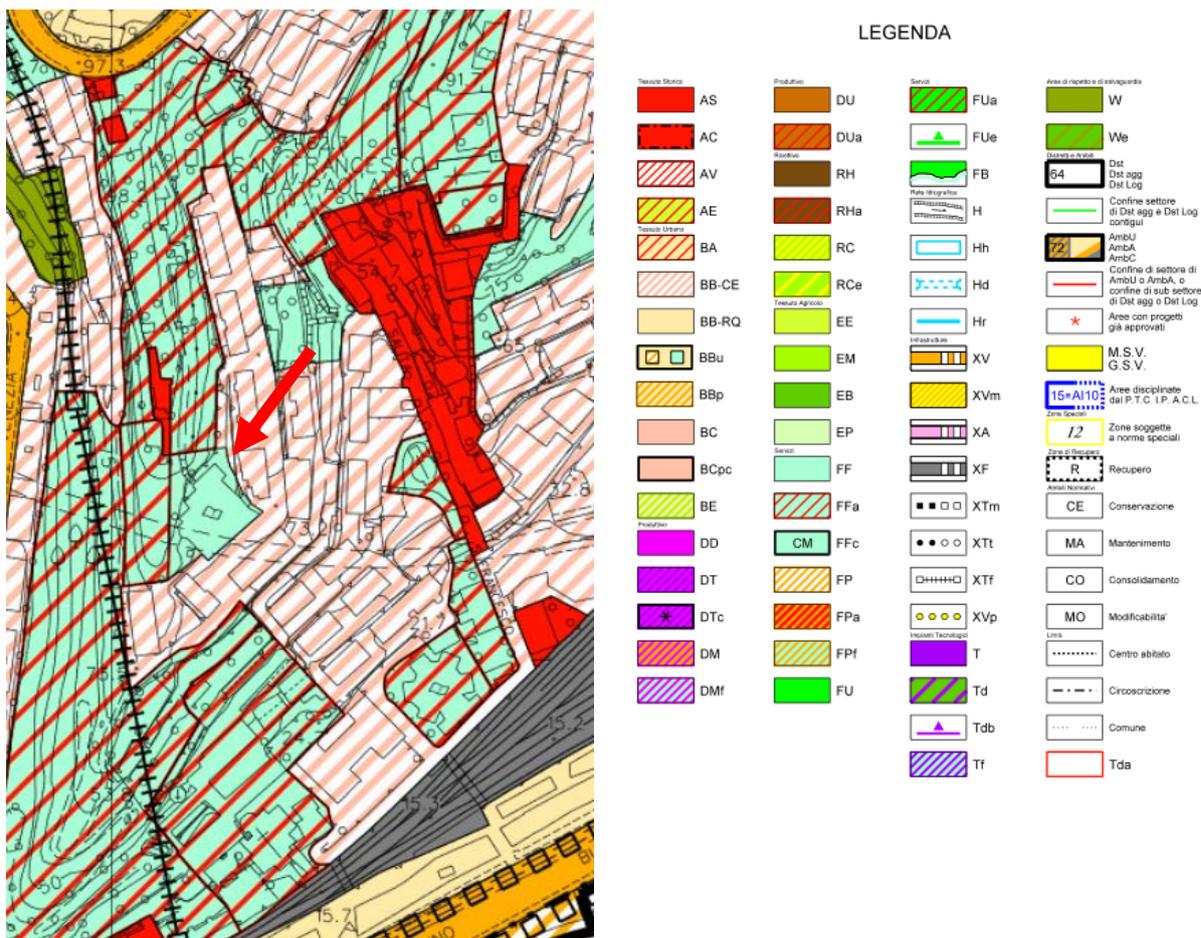
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 1946 e la data risulta coerente con quanto rilevato durante il sopralluogo.

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

- Sostituzione parziale dei serramenti (data non conosciuta)
- sostituzione del generatore di calore nel 2017

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 70 bimbi e 10 adulti tra bidelli 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 tre piani fuori terra occupati in prevalenza dagli spazi per le attività scolastiche ed accessorie ed in minima parte da spazi adibiti ad alloggio del custode.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Terra	Atrio, aule e locali accessori	[m <sup>2</sup> ]	593,91	453,9	0
Ammezzato	Zona nanna e spogliatoio personale	[m <sup>2</sup> ]	80,06	58,3	0
Primo	Area gioco ed appartamento custode	[m <sup>2</sup> ]	129,07	100,8	0
seminterrato	locali tecnici	[m <sup>2</sup> ]	206,5	-	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>1.009,54</b>	<b>613,00</b>	<b>0</b>

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

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

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

Dal punto di vista storico, 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 ed in prossimità di vincoli paesaggistici.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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 Paesistico Bellezza d'insieme**

Codice vincolo 070184  
 Numero Progressivo per Comune 6  
 Oggetto del Vincolo PARCO DELLA VILLA ROSAZZA DALLA RICCA VEGETAZIONE NEL COMUNE DI GENOVA - SAN TEODORO MAP 8055 8056 FOGLIO 31  
 Tipo Decreto Decreto Ministeriale  
 Data del decreto 10/07/1953  
 Grado identificazione identificabile con precisione  
 Zona Soprintendenza S.TEODORO  
 Decreto **070184**  
 Stralcio cartografico **070184\_sc**

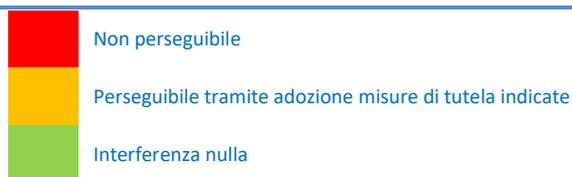
**Vincolo Architettonico**

Provincia GE  
 Data di Aggiornamento 22/04/2015  
 Comune GENOVA  
 Zona di Genova S. TEODORO  
 Codice Monumentale 8  
 Codice NCTN 07/00109587  
 Descrizione Villa Giuseppina  
 Anno di vincolo 1934  
 Note Salita S. Francesco di Paola  
 Decreto **00109587**  
 Stralcio cartografico **00109587\_sc**  
 Foto **0700109587\_fta41656.jpg**

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(1)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: relamping	Storico – Architettonico / Paesaggistico		Previo parere e supervisione della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: isolamento della copertura	Storico – Architettonico / Paesaggistico		Previo parere e supervisione della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 3: cappotto interno ed esterno ed isolamento solaio su zone non riscaldate	Storico – Architettonico / Paesaggistico		Previo parere e supervisione della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 4: installazione termovalvole	-		-
EEM 5: sostituzione serramenti a vetro singolo	Storico – Architettonico / Paesaggistico		Previo parere e supervisione della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici – mantenimento della stessa tipologia estetica di serramento.
EEM 6: isolamento sottofinestra e solaio su zone non riscaldate	Storico – Architettonico / Paesaggistico		Previo parere e supervisione della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici

Nota (1): 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 (7:30-17:30), 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 all’arrivo ed ancora caldo all’uscita (6:30-17:30).

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

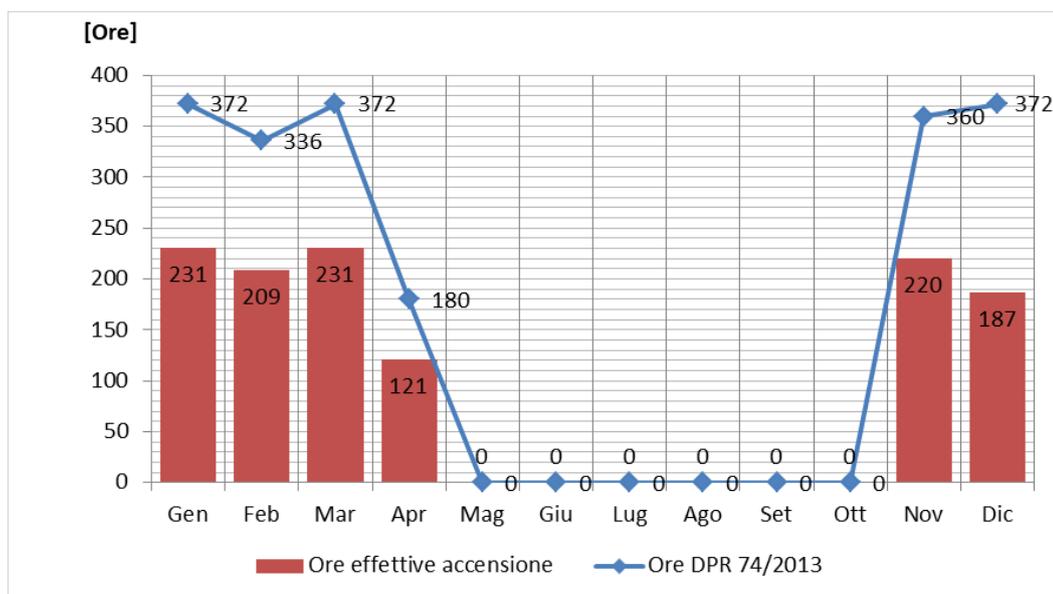
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell’edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale inetrent regionale, segnala 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
Scuola Elementare “L. Cicala”			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7:30-17:30	6:30-17:30

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale

all'interno della struttura ma considerando le fasi di pulizia durante le ultime ore di permanenza di personale all'interno della struttura si potrebbe procedere ad una revisione delle ore di accensione della caldaia.

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	185,90	21	21		20%
Aprile	30	15,3	15	55,74	20	11		6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-		-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-		-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-		-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-		-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-		-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-		-
Novembre	30	13,3	30	134	20	20		14%
Dicembre	31	10,0	31	170	17	17		18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>928,74</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 delle temperature 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 Stazione Meteo GENOVA-CENTRO FUNZIONALE –FOCE (GECF).

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

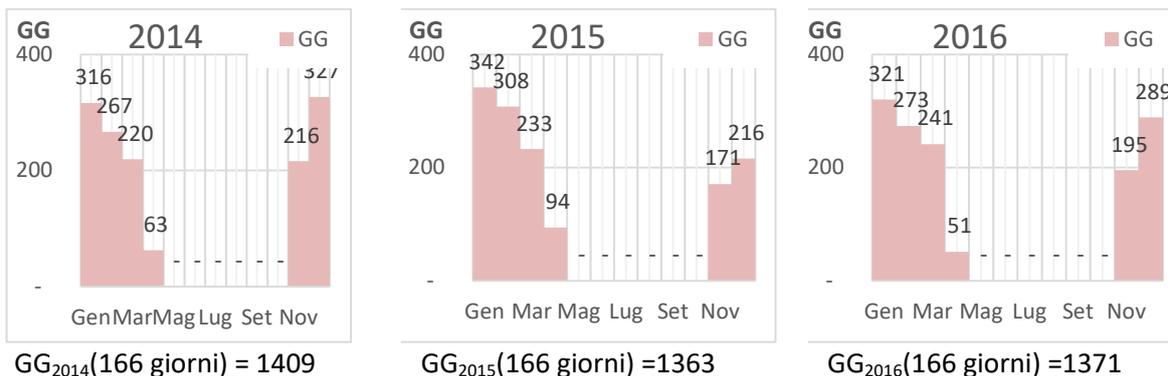
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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

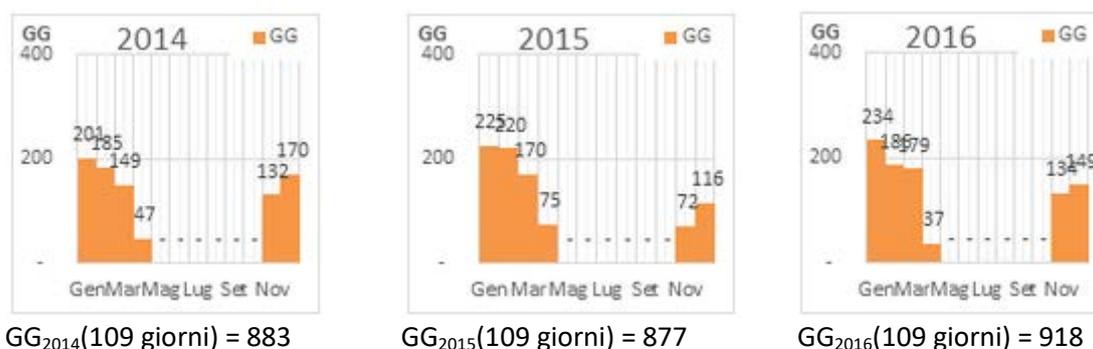


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

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

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



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

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è costituito da una parete portante in mattoni pieni di spessore importante (circa 50 cm) ricoperta sulle facciate principali da piastrelle in marmo. La copertura è piana in laterocemento da circa 30 cm.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica gli interventi sull'involucro dovranno essere concordati con la Soprintendenza.

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

l'edificio è caratterizzato da un involucro in muratura abbastanza omogenea per quanto riguarda le dispersioni con scarti di temperature nell'ordine di 2 °C, ponti termici contenuti e poche dispersioni dai serramenti di recente sostituzione. Ha evidenziato infine delle dispersioni dai locali seminterrati non riscaldati e dall'androne di ingresso non riscaldato che viene lasciato aperto per cui perde la sua capacità di filtro.

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

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – PT sud/est



Figura 4.2 - Particolare della facciata – PT sud/ovest



Figura 4.3 – Rilievo termografico della parate Nord-Est e 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	C1	30	Assente	1,59	Sufficiente
Copertura con terrazzo	C2	30	Assente	1,49	Sufficiente
Parete verticale	M1	54	Assente	1,085	Sufficiente
Parete verticale	M2	54	Assente	1,07	Sufficiente
Parete verticale verso ZNR	M3	54	Assente	0.988	Sufficiente
Parete verticale (divisorio interno)	M4	54	Assente	1,031	Sufficiente
Sottofinestra con marmo	M4	32	Assente	1,680	Sufficiente
Sottofinestra	M5	30	Assente	1,699	Sufficiente
Pavimento su terreno	P1	35	Assente	1.70	Sufficiente
Solaio su ambiente non riscaldato	P2	32	Assente	1,53	Sufficiente
Solaio interno	P3	24	Assente	1.513	Sufficiente
Soffitto interno	P4	24	Assente	1.919	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 dai serramenti originali in legno e vetro singolo ed in parte da serramenti di nuova installazione in PVC e vetro doppio bassoemissivo.

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.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Vetro doppio da 6-13-4 mm
- Vetro singolo da 3 mm

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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 nuovo	F1	1,95x3,50	PVC	Vetro doppio	1,98	Buono
Serramento verticale nuovo	F2	1,97x3,00	PVC	Vetro doppio	2,59	Buono
Serramento verticale nuovo	F3	1,37x3,00	PVC	Vetro doppio	1,89	Buono
Serramento verticale nuovo	F4	1,37x3,00	PVC	Vetro doppio	1,898	Buono
Serramento verticale nuovo	F5	1,56x3,50	PVC	Vetro doppio	1,895	Buono
Serramento verticale nuovo	F6	2,73x3,00	PVC	Vetro doppio	1,875	Buono
Serramento verticale nuovo	F7	1,17x3,00	PVC	Vetro doppio	2,583	Buono
Serramento verticale nuovo	F8	0,88x0,80	PVC	Vetro doppio	2,558	Buono
Serramento verticale nuovo	F9	1,37x1,00	PVC	Vetro doppio	2,10	Buono
Serramento verticale nuovo	F10	0,72x2,70	PVC	Vetro doppio	2,269	Buono

Serramento verticale originale	F11	1,19x2,5	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,15	Sufficiente
Serramento verticale originale	F12	0,68x2,5	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,924	Sufficiente
Serramento verticale originale	F13	0,70x2,7	Metallo/Legno	Vetro singolo	6,42	Sufficiente
Serramento verticale originale	F14	3,62x3,4	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,988	Sufficiente
Serramento verticale originale	F15	0,60x2,6	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,787	Sufficiente
Serramento verticale originale	F16	1,28x2,0	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,052	Sufficiente
Serramento verticale originale	F17	0,49x1,6	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,531	Sufficiente
Serramento verticale originale	F18	1,17x1,9	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,089	Sufficiente
Serramento verticale originale	F19	1,17x1,9	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,089	Sufficiente
Serramento verticale originale	F20	0,43x0,60	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,307	Sufficiente
Serramento verticale originale	F21	0,88x1,40	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,63	Sufficiente
Serramento verticale originale	F22	0,49x1,5	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,62	Sufficiente
Serramento verticale originale	F23	1,17x2,87	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,347	Sufficiente

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

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

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

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 - Particolare radiatori 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	termosifoni	94%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	20	59,22	0
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	4	7,83	0
<b>TOTALE</b>		<b>24</b>	<b>67,05</b>	<b>0</b>

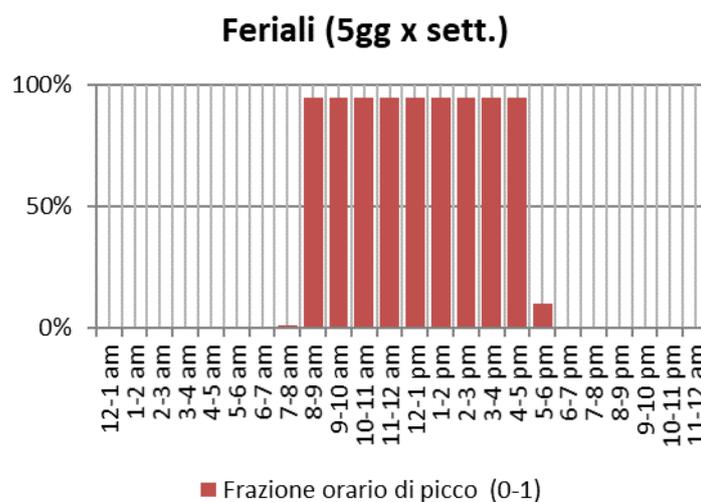
Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene da centrale termica 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 per la zona termica



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 che segue.

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 con funzionamento in 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>	PREVALENZA <sup>(2)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(3)</sup>
			[m <sup>3</sup> /h]		[kW]
DAB evoplus	P1	mandata acqua calda	3 - 75,6	Fino a 18 m	0,34 max

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>	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(2)</sup>
			°C	°C
GEN	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	50

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

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

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

### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a condensazione Ravaso.

Figura 4.8 - Particolare centrale termica



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella tabella che segue.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

SERVIZIO	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Ravaso	MDL 170	2017	170	166	97,3	330

Nota (1) rendimento da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 91,9%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 97,3%.

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

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

La produzione è eseguita tramite quattro bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici del personale e degli utenti.

Figura 4.9 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(2)</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>(3)</sup>
100%	89%	-	-	75 %	27,7 %

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

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

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

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

Impianto non presente

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

Impianto non presente

#### 4.6 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	PC	3	133	399	1.210 (5h x 242 gg)
Z1	Stufetta	1	1.500	1.500	1.310 (10h x 131 gg)
Z1	stereo	1	110	110	484 (2h x 242 gg)
Z1	Stampante multifunzione	1	675	675	81 (0,3h x 242 gg)
Z2	Pale a soffitto	2	42,5	85	840 (7h x 120 gg)
Z1	Cappa	1	250	250	1.452 (6h x 242 gg)
Z1	Lavastoviglie	1	3.000	3.000	968 (4h x 242 gg)
Z1	Frigorifero	1	60	60	8.790 (24h x 365 gg)

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

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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

Figura 4.10 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle sale espositive



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]
Z1	Fluorescente lineare	48	36	1.728
Z1	Fluorescente lineare	7	18	126
Z1	Alogena	2	80	160
Z1	Alogena	3	150	450
Z1	Fluorescente lineare	12	58	696
Z2	Fluorescente lineare	5	36	180
Z2	Fluorescente lineare	2	18	36
Z3	Fluorescente lineare	11	36	396
18Z3	Fluorescente lineare	1	18	18

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 della struttura è il Gas Metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(1)</sup>	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 <sup>(*)</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 i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- PDR 1 - 16220050526139: centrale termica
- PDR 2 - 3270014202030: uso 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 sulla base de m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014			2015			2016		
		[l]	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050526139	Riscaldamento	10.000	2.071	6.090	6.354	120.402	57.371	59.855		
3270014202030	Cucina		898	887	975	8.459	8.354	9.187		

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

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

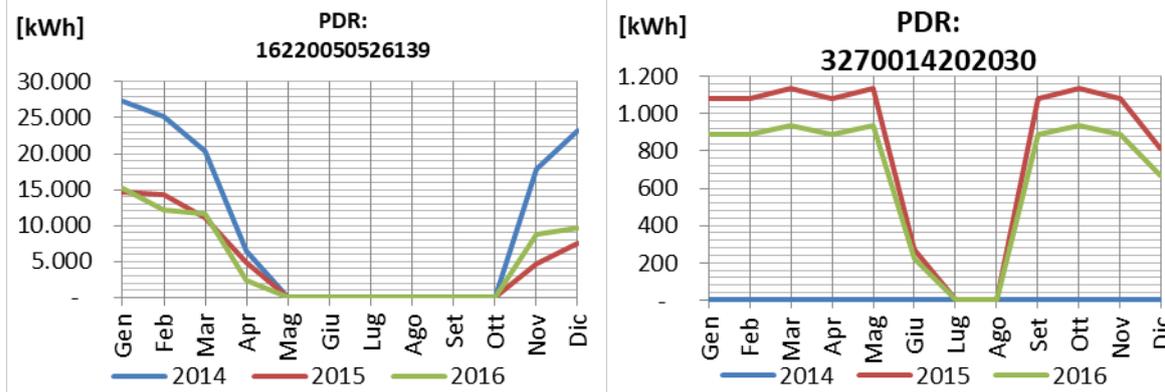
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 16220050526139	2014 <sup>(1)</sup>	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	471	1.559	1.618	27.371	14.688	15.246
Febbraio	433	1.524	1.287	25.190	14.360	12.120
Marzo	350	1.178	1.237	20.368	11.093	11.651
Aprile	110	519	258	6.395	4.889	2.428
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	309	501	926	17.940	4.722	8.720
Dicembre	398	809	1.029	23.139	7.617	9.691
<b>Totale</b>	<b>2.071</b>	<b>6.090</b>	<b>6.354</b>	<b>120.402</b>	<b>57.368</b>	<b>59.855</b>
PDR: 3270014202030	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	115	95	-	1.081	893
Febbraio	-	115	95	-	1.081	893
Marzo	-	120	99	-	1.135	937
Aprile	-	115	95	-	1.081	893
Maggio	-	120	99	-	1.135	937
Giugno	-	29	24	-	270	223
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	115	95	-	1.081	893
Ottobre	-	120	99	-	1.135	937
Novembre	-	115	95	-	1.081	893
Dicembre	-	86	71	-	811	669
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>1.050</b>	<b>867</b>	<b>-</b>	<b>9.891</b>	<b>8.167</b>

Nota (1): consumo del solo metano al netto del consumo di gasolio

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REAL</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	0	0
2015	877	929	6.090	57.371	65,4	60.773	0	0
2016	918	929	6.354	59.855	65,2	60.572	0	0
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>929</b>	<b>6.222</b>	<b>58.613</b>	<b>65</b>	<b>60.672</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

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

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
$\bar{Q}_{ACS}$	
$\bar{Q}_{ALTRO}$	
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	60.672
$Q_{baseline}$	<b>60.672</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell’intero edificio – POD IT001E00097962.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00097962	Intero edificio	20.567	21.155	21.507	21.076
<b>TOTALE</b>		<b>20.567</b>	<b>21.155</b>	<b>21.507</b>	<b>21.076</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-E1570) ed è emerso che:

- i consumi fatturati e quelli riferiti dalla pubblica amministrazione coincidono per l’anno 2014;
- per l’anno 2015 i consumi fatturati registrano circa 1.000 kWh in meno rispetto ai dati registrati dalla Pubblica Amministrazione;
- per l’anno 2016 i consumi fatturati registrano circa 2.000 kWh in meno rispetto ai dati registrati dalla Pubblica Amministrazione.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 20.567 kWh; anno 2015 22.021 kWh; anno 2016 23.035 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 21.076.

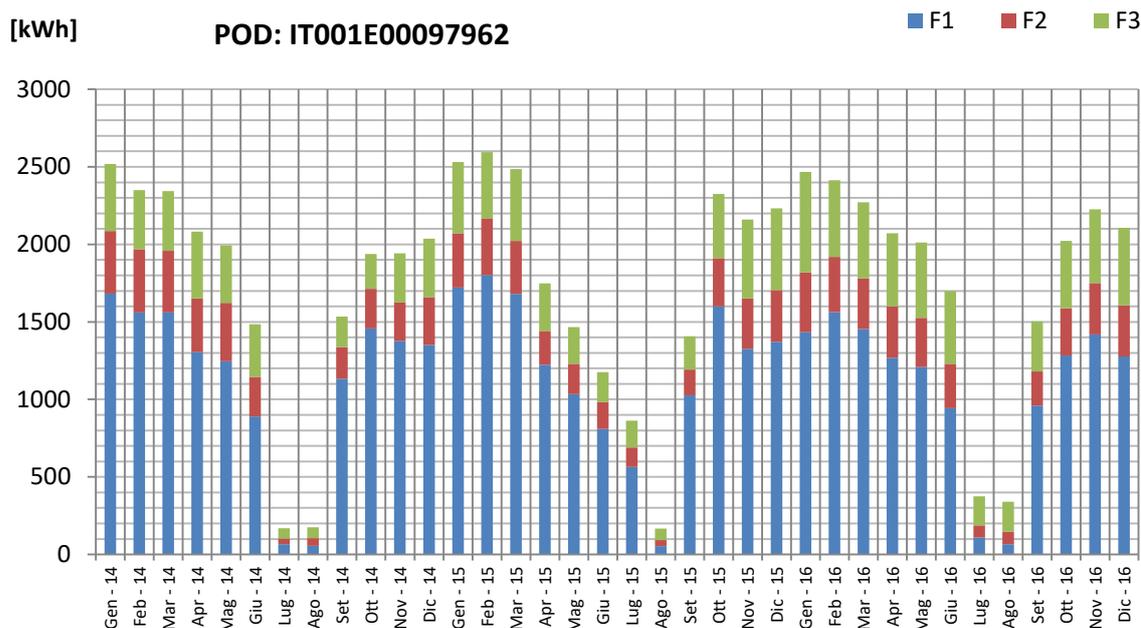
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097962	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	1682	405	431	2.518
Feb-14	1562	407	381	2.350
Mar-14	1560	399	385	2.344
Apr-14	1305	346	431	2.082
Mag-14	1245	378	370	1.993
Giu-14	890	256	338	1.484
Lug-14	66	38	65	169
Ago-14	56	49	71	176
Set-14	1133	204	197	1.534
Ott-14	1458	256	224	1.938
Nov-14	1377	247	318	1.942
Dic-14	1351	309	377	2.037
Totale	13.685	3.294	3.588	20.567
POD: IT001E00097962	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-15	1722	349	459	2.530
Feb-15	1802	367	426	2.595
Mar-15	1681	342	463	2.486
Apr-15	1223	219	306	1.748
Mag-15	1034	195	237	1.466
Giu-15	810	172	194	1.176
Lug-15	564	126	173	863
Ago-15	54	39	74	167
Set-15	1025	168	214	1.407
Ott-15	1600	312	413	2.325
Nov-15	1327	324	509	2.160
Dic-15	1371	335	526	2.232
Totale	14.213	2.948	3.994	21.155
POD: IT001E00097962	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-16	1433	386	649	2.468
Feb-16	1564	356	493	2.413
Mar-16	1454	328	489	2.271
Apr-16	1268	333	470	2.071
Mag-16	1208	318	485	2.011
Giu-16	943	287	469	1.699
Lug-16	109	79	187	375

Ago-16	66	80	194	340
Set-16	960	221	323	1.504
Ott-16	1283	304	435	2.022
Nov-16	1419	331	477	2.227
Dic-16	1276	330	500	2.106
<b>Totale</b>	<b>12.983</b>	<b>3.353</b>	<b>5.171</b>	<b>21.507</b>

Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2. Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



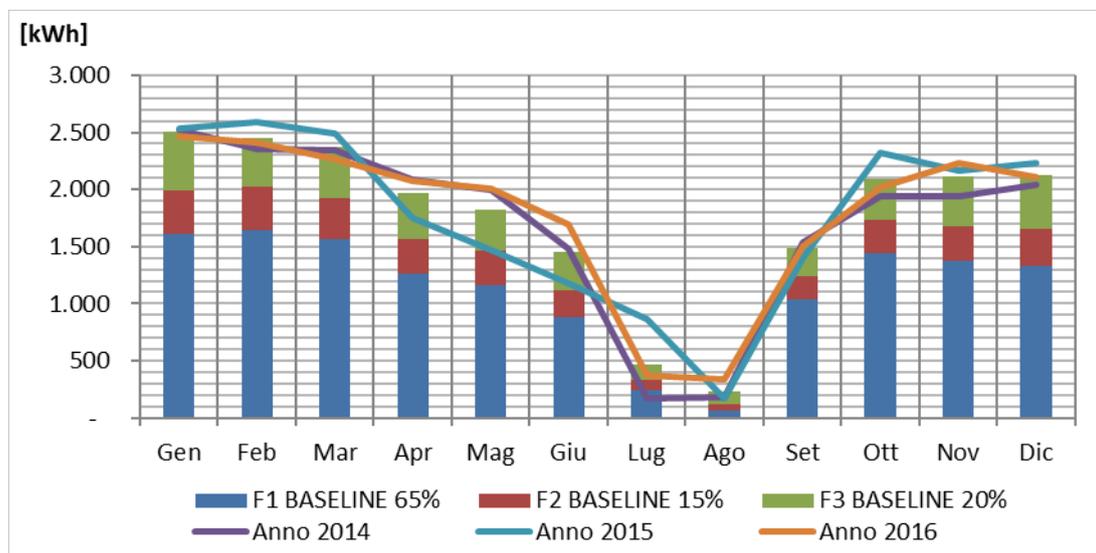
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.612	380	513	2.505
Febbraio	1.643	377	433	2.453
Marzo	1.565	356	446	2.367
Aprile	1.265	299	402	1.967
Maggio	812	374	1.182	1.823
Giugno	881	238	334	1.453
Luglio	246	81	142	469
Agosto	59	56	113	228
Settembre	1.039	198	245	1.482
Ottobre	1.447	291	357	2.095
Novembre	1.374	301	435	2.110
Dicembre	1.333	325	468	2.125
<b>Totale</b>	<b>13.627</b>	<b>3.198</b>	<b>4.251</b>	<b>21.076</b>

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

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali ed 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.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici del POD IT001E00097962 in quanto la società di distribuzione dell'energia elettrica non ha reso disponibili tali informazioni.

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 IT001E00097962.

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 10,97 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;

- proporzionando il consumo di base dell’edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l’andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l’edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d’ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell’anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

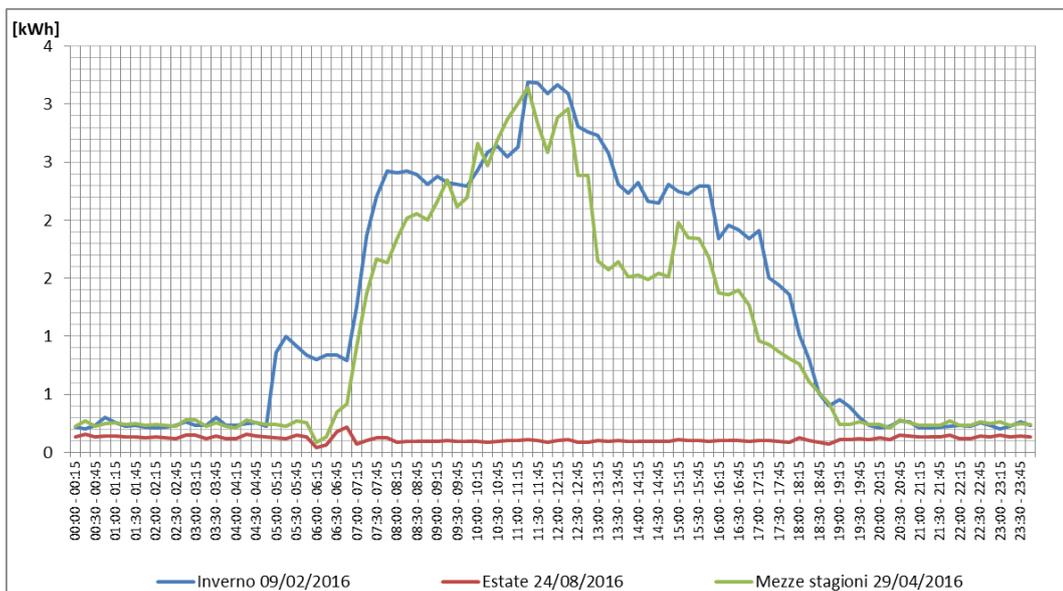
Nella tabella seguente si riporta l’analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

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

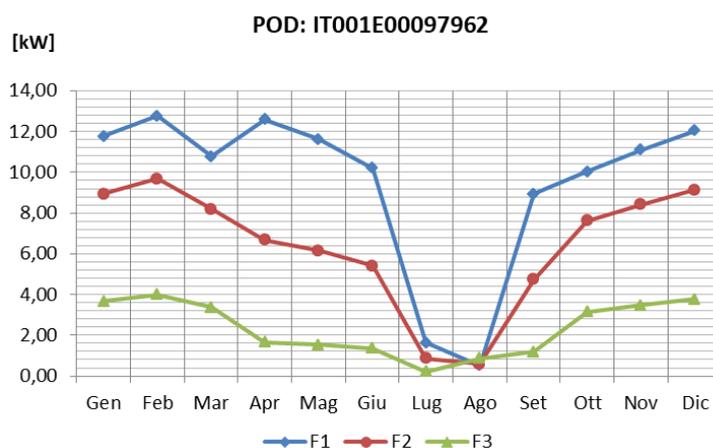
L’andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00097962



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 mezza stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero ed il rack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097962



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 12,77 kW e si verifica nel mese di Febbraio in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

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

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

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

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

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]		[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	21.076		* 0,467	9,84
Gas naturale	60.672		* 0,202	12,25

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 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	613	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	607	m <sup>3</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.377	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	60.672	1,05	63.706	103,9	105,0	7,6	19,99	20,19	1,46
Energia elettrica	21.076	2,42	51.005	83,2	84,0	6,1	16,06	16,22	1,17
<b>TOTALE</b>			<b>114.711</b>	<b>187</b>	<b>189</b>	<b>14</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>3</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	60.672	1,05	63.706	103,9	105,0	7,6	19,99	20,19	1,46
Energia elettrica	21.076	1,95	41.099	67,0	67,7	4,9	16,06	16,22	1,17
<b>TOTALE</b>			<b>104.805</b>	<b>171</b>	<b>173</b>	<b>13</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>3</b>

Figura 5.6 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO2.

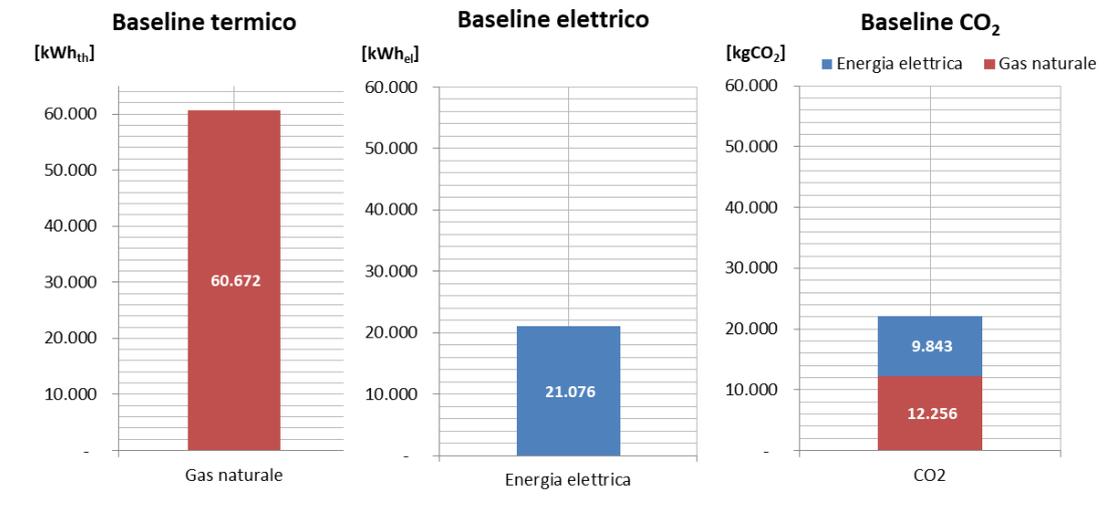


Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazione

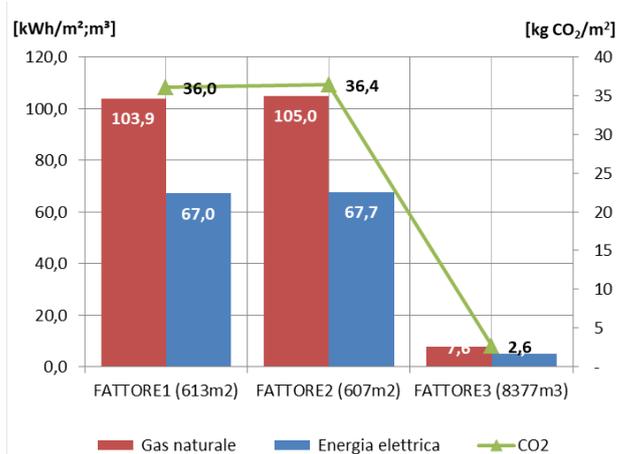
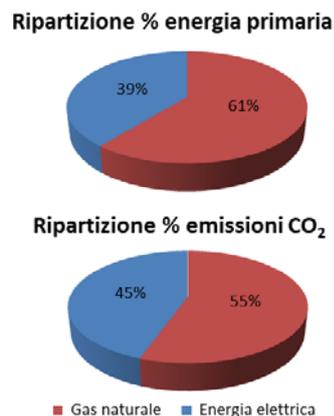


Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle emissioni di CO<sub>2</sub>



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

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	20,20 <sup>(1)</sup>	9,15	9,25			
Energia elettrica				23,05	23,71	24,10

Nota (1) valore ricavato da un parziale consumo di gasolio.

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo:

- un valore sufficiente per l'indice IEN<sub>R</sub> per l'anno 2014;
- un valore buono per l'indice IEN<sub>R</sub> per l'anno 2015 e 2016;
- valori insufficienti per tutti e tre gli anni per l'indice IEN<sub>E</sub>.

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

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	387,72	403,42
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	327,05	328,13
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	29,60	36,73
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_l$	kWh/mq anno	31,07	38,56
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	-	92,1

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
			[kWh/anno]
Gas Naturale	19.751	[m <sup>3</sup> /anno]	195.979
Energia Elettrica	20.275	[kWh/anno]	39.536

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	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	164,97	179,73
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	105,53	105,96
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	28,38	35,22
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	31,07	38,55
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	-	39,76

Nota (1): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO<sub>2</sub> dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO<sub>2</sub>/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO<sub>2</sub>/kWh per l’energia elettrica

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

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

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	6.408	60.556
Energia elettrica		20.697

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
60.556	60.672	-0,2

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $EE_{baseline}$ ) 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>	EE <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
20.697	21.076	-1,8

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

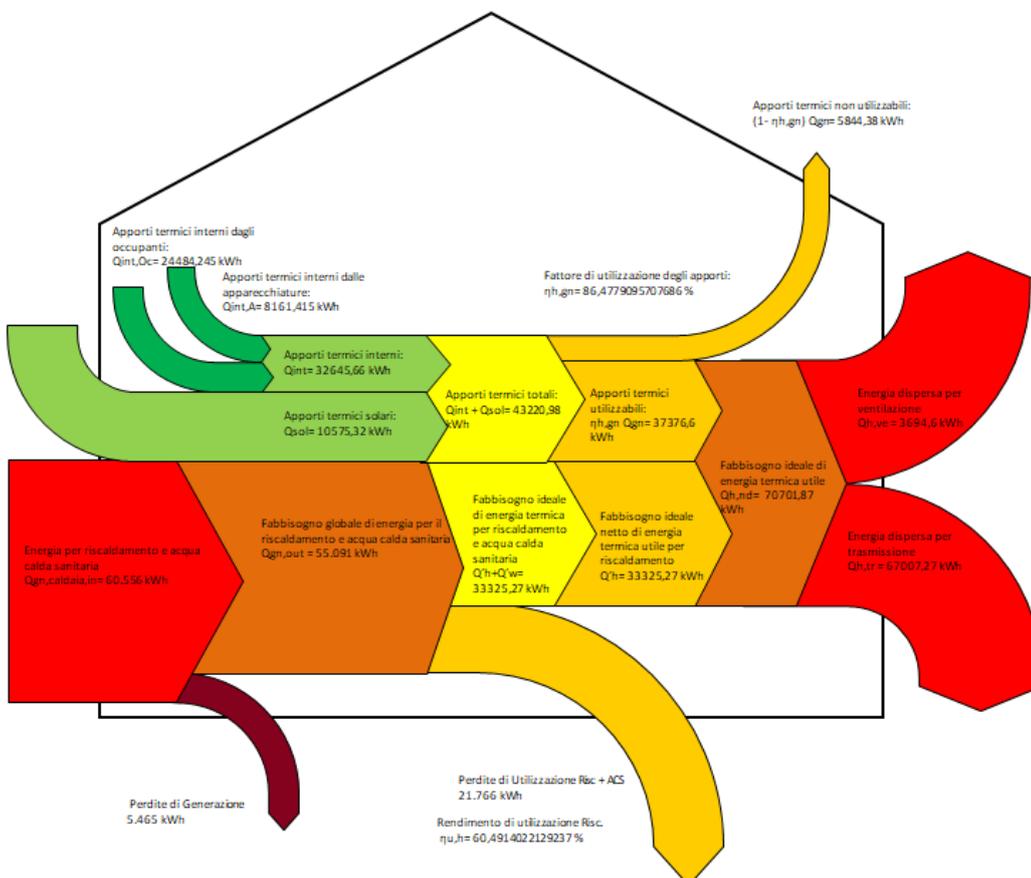
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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

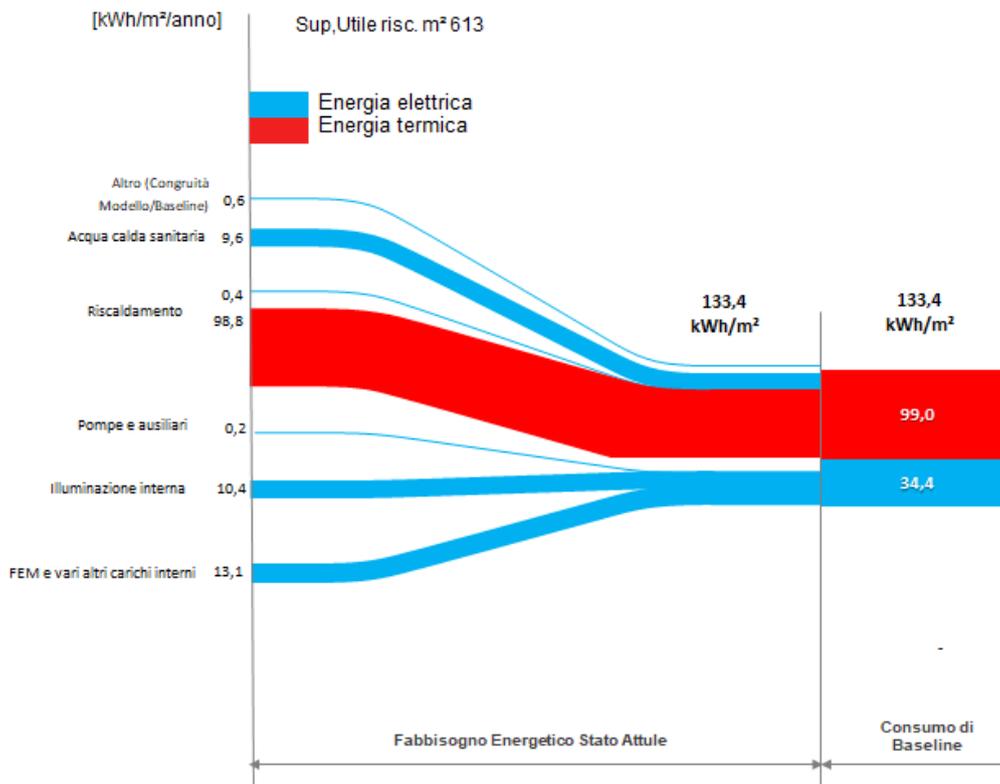
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 78% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento è 63%.

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.

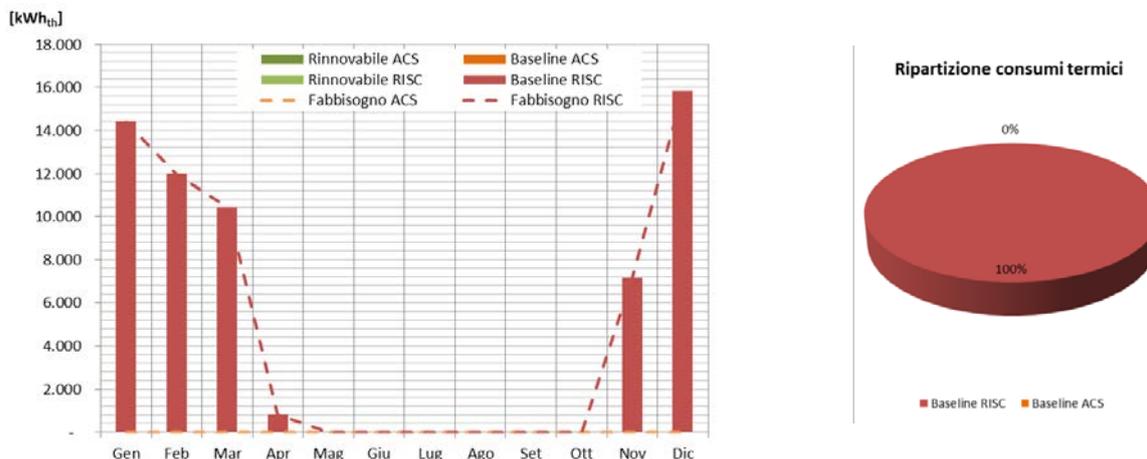
### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione è riportata in figura 6.3

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



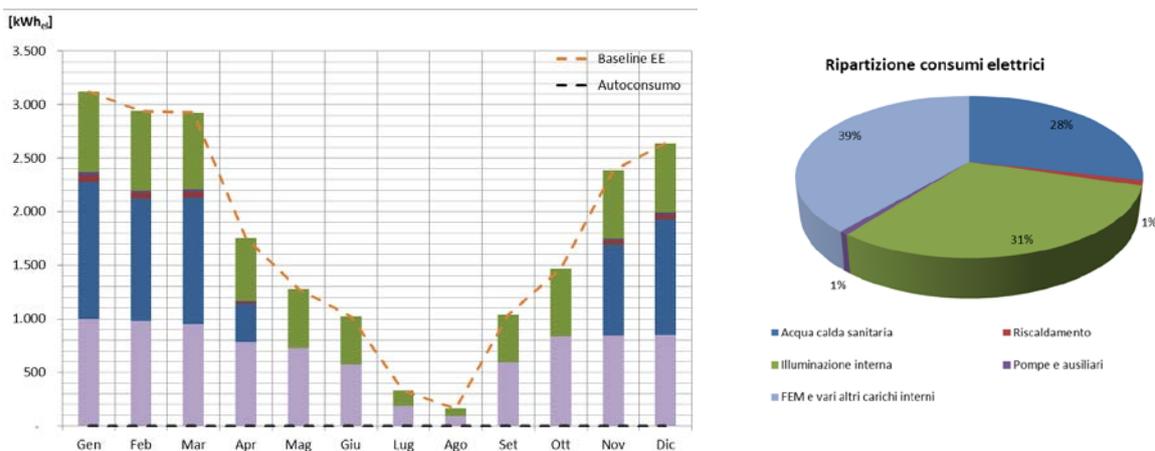
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



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

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050526139: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della presente società;
- PDR 2 – 3270014202030: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

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

Tabella 7.1 Prezzo unitario mensile 2017 (PDR 16220050526139)

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,086
Feb - 17	0,086
Mar - 17	0,086
Apr - 17	0,084
Mag - 17	0,084
Giu - 17	0,084
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,084
Nov - 17	0,084
Dic - 17	0,084
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,0854</b>

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: 3270014202030	2014	2015	2016
<b>Indirizzo di fornitura</b>			
Dati di intestazione fattura	n.d.	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	n.d.	IREN MERCATO SPA; ENI SPA	ENI SPA ENERGETIC S.p.A.
Inizio periodo fornitura	n.d.	01/01/2015 01/04/2015	01/04/2015 01/04/2016
Fine periodo fornitura	n.d.	31/03/2015 31/03/2016	31/03/2016 n.d.
Classe del contatore	n.d.	G0010	G0010
Tipologia di contratto	n.d.	OFFERTA CONSIP COMUNE DI GENOVA; Prodotto ConsIP 7 Gas	Prodotto ConsIP 7 Gas; CONSIP 8 Indiretti
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	n.d.	n.d. CODICE OFFERTA: oP1208	CODICE OFFERTA: oP1208; n.d.
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	n.d.	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	n.d.	38,19 MJ/Smc	38,19 MJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(2)</sup> (IVA INCLUSA)	n.d.	2,10 euro/mc	n.d.

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

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

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

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

PRD 3270014202030	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONGUAGLI	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		m3	euro/m3
<b>Gennaio</b>									
Febbraio	191,59	67,87	66,62	73,62	48,46	448,16		437	1,03
<b>Marzo</b>									
<b>Aprile</b>									
Maggio	541,29	71,67	225,83	386,99	267,13	1.492,91		203	
<b>Giugno</b>									
Luglio	86,56	23,89	36,95	67,56	47,29	262,25		69	
Agosto	80,86	23,89	34,52	63,12	44,53	246,92	-4.798,50	69	
Settembre	116,95	23,89	49,92	91,29	62,05	344,10		67	
Ottobre	115,14	23,89	48,41	88,53	60,71	336,68		69	
Novembre	589,46	23,89	225,26	453,25	284,21	1.576,07		67	
Dicembre	884,47	23,89	296,47	680,09	414,68	2.299,60		69	
<b>Totale</b>	<b>2.606,32</b>	<b>282,88</b>	<b>983,98</b>	<b>1.904,45</b>	<b>1.229,06</b>	<b>7.006,69</b>	<b>-4.798,50</b>	<b>1.050</b>	<b>2,10</b>
PRD 3270014202030	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONGUAGLI	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

## E1570 – Scuola comunale infanzia “Garbarino” e scuola primavera mista “Garbarino”

ANNO 2016	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE				m3	(IVA INCLUSA) euro/m3	
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]			
Gennaio									
Febbraio	1.795,57	877,24		1.247,94	887,03	2.295,78	2.512,00	98	-2,21
Marzo									
Aprile	11,47	35,35		11,65	9,07	67,54		248	0,27
Maggio									
Giugno									
Luglio									
Agosto									
Settembre	91,75	262,17		79,33	101,16	534,41		521	1,03
Ottobre									
Novembre									
Dicembre									
<b>Totale</b>	<b>1.898,79</b>	<b>1.174,76</b>	<b>0,00</b>	<b>1.338,92</b>	<b>997,26</b>	<b>385,72</b>		<b>867,00</b>	

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

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

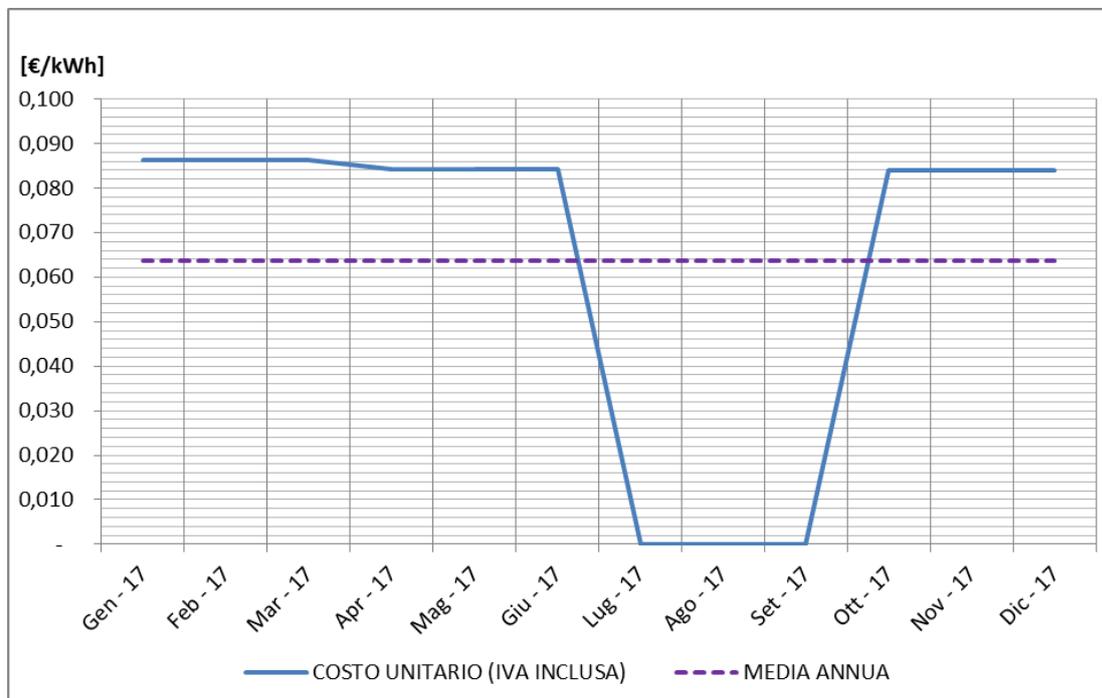
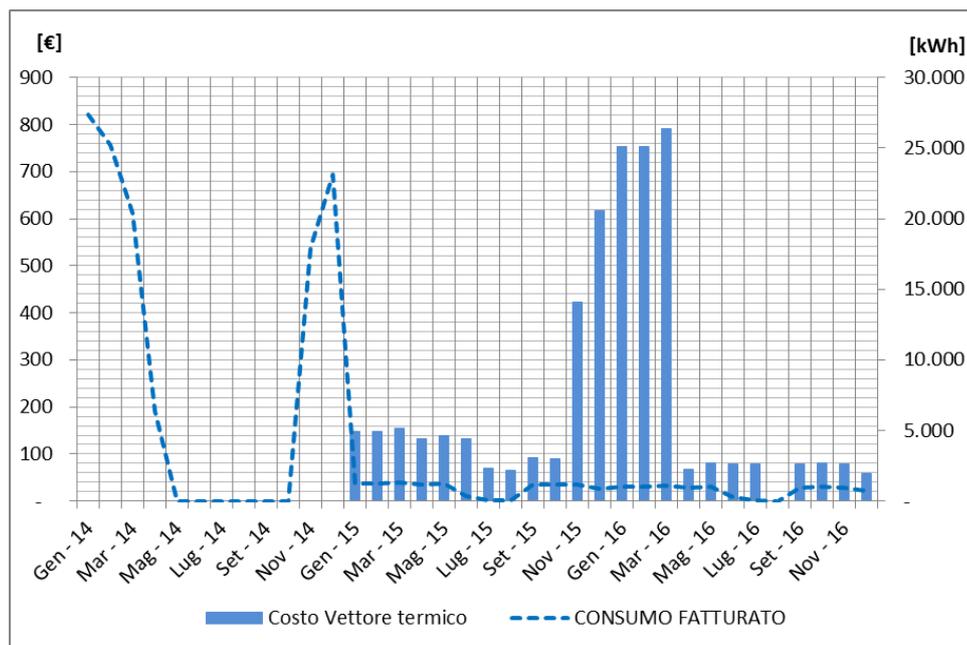


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risultano evidenti le problematiche di fatturazione già sopra esposte.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00097962 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 elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097962	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	COMUNE DI GENOVA, via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi, 16124 Genova
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, 16124 Genova
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	22 kW	22 - 20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	22 kW	22 kW	22 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	-	A6	-
Prezzi del forniture dell’energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,07 €/kWh	0,07 €/kWh	0,12 €/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 è aumentato nel 2017.

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: IT001E00097962	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 92,43	€ 15,25	€ 145,77	€ 16,19	€ 26,96	€ 296,60	2.518	€ 0,12
Febbraio	€ 183,11	€ 30,42	€ 243,83	€ 29,38	€ 48,67	€ 535,41	2.350	€ 0,23
Marzo	€ 182,57	€ 30,30	€ 243,36	€ 29,30	€ 48,55	€ 534,08	2.344	€ 0,23
Aprile	€ 160,17	€ 36,51	€ 228,47	€ 26,03	€ 45,12	€ 496,30	2.082	€ 0,24
Maggio	€ 153,42	€ 34,27	€ 221,55	€ 24,91	€ 43,42	€ 477,57	1.993	€ 0,24
Giugno	€ 112,71	€ 25,54	€ 138,53	€ 18,55	€ 29,53	€ 324,86	1.484	€ 0,22
Luglio	€ 12,21	€ 2,72	€ 80,79	€ 2,11	€ 9,78	€ 107,61	169	€ 0,64
Agosto	€ 12,55	€ 2,82	€ 81,02	€ 2,20	€ 9,86	€ 108,45	176	€ 0,62
Settembre	€ 119,68	€ 24,49	€ 186,87	€ 19,18	€ 35,02	€ 385,24	1.534	€ 0,25
Ottobre	€ 151,10	€ 28,40	€ 223,12	€ 24,23	€ 42,69	€ 469,54	1.938	€ 0,24
Novembre	€ 147,57	€ 28,48	€ 223,75	€ 24,28	€ 42,41	€ 466,49	1.942	€ 0,24
Dicembre	€ 150,28	€ 29,88	€ 230,18	€ 25,46	€ 43,58	€ 479,38	2.037	€ 0,24
Totale	€ 1.477,80	€ 289,08	€ 2.247,24	€ 241,82	€ 425,59	€ 4.681,53	20.567	€ 0,23
POD: IT001E00097962	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 211,37		€ 266,09	€ 32,44	€ 50,99	€ 560,89	2.530	€ 0,22
Febbraio	€ 211,37		€ 266,09	€ 32,44	€ 50,99	€ 560,89	2.595	€ 0,22
Marzo	€ 194,77		€ 257,73	€ 31,08	€ 48,36	€ 531,94	2.486	€ 0,21
Aprile	€ 64,85		€ 148,74	€ 13,98	€ 22,76	€ 250,33	1.748	€ 0,14
Maggio	€ 68,31		€ 156,87	€ 15,29	€ 24,05	€ 264,52	1.466	€ 0,18
Giugno	€ 60,71		€ 149,26	€ 14,06	€ 22,40	€ 246,43	1.176	€ 0,21
Luglio	€ 51,75		€ 143,91	€ 12,81	€ 20,85	€ 229,32	863	€ 0,27
Agosto	€ 57,77		€ 156,35	€ 14,78	€ 22,89	€ 251,79	167	€ 1,51
Settembre	€ 53,62		€ 152,95	€ 14,24	€ 22,08	€ 242,89	1.407	€ 0,17
Ottobre	€ 55,30		€ 162,15	€ 14,94	€ 23,24	€ 255,63	2.325	€ 0,11
Novembre	€ 56,25		€ 170,39	€ 16,19	€ 24,28	€ 267,11	2.160	€ 0,12
Dicembre	€ 62,37		€ 182,60	€ 18,03	€ 26,30	€ 289,30	2.232	€ 0,13
Totale	€ 1.148,44	€ 0,00	€ 2.213,13	€ 230,28	€ 359,19	€ 3.951,04	21.155	€ 0,19
POD: IT001E00097962	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 71,27	-	€ 182,98	€ 20,03	€ 27,43	€ 301,71	2.468	€ 0,12
Febbraio	€ 79,75	-	€ 204,67	€ 23,54	€ 30,80	€ 338,76	2.413	€ 0,14

## E1570 – Scuola comunale infanzia “Garbarino” e scuola primavera mista “Garbarino”

Marzo	€ 89,63	-	€ 234,92	€ 28,45	€ 35,30	€ 388,30	2.271	€ 0,17
Aprile	€ 109,48	€ 72,03	€ 153,12	€ 25,89	€ 36,05	€ 396,57	2.071	€ 0,19
Maggio	€ 113,41	€ 71,58	€ 149,03	€ 25,14	€ 35,92	€ 395,08	2.011	€ 0,20
Giugno	€ 100,64	€ 68,73	€ 127,79	€ 21,24	€ 31,84	€ 350,24	1.699	€ 0,21
Luglio	€ 113,41	€ 71,58	€ 149,03	€ 25,14	€ 35,92	€ 395,08	375	€ 1,05
Agosto	€ 21,36	€ 56,07	€ 35,20	€ 4,25	€ 11,69	€ 128,57	340	€ 0,38
Settembre	€ 109,15	€ 66,90	€ 114,36	€ 18,80	€ 30,92	€ 340,13	1.504	€ 0,23
Ottobre	€ 161,66	€ 72,42	€ 150,25	€ 25,28	€ 40,96	€ 450,57	2.022	€ 0,22
Novembre	€ 194,75	€ 74,35	€ 164,26	€ 27,84	€ 46,12	€ 507,32	2.227	€ 0,23
Dicembre	€ 176,30	€ 73,41	€ 155,99	€ 26,33	€ 43,20	€ 475,23	2.106	€ 0,23
<b>Totale</b>	<b>€ 1.340,81</b>	<b>€ 627,07</b>	<b>€ 1.821,60</b>	<b>€ 271,93</b>	<b>€ 406,14</b>	<b>€ 4.467,55</b>	<b>21.507</b>	<b>€ 0,21</b>

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

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

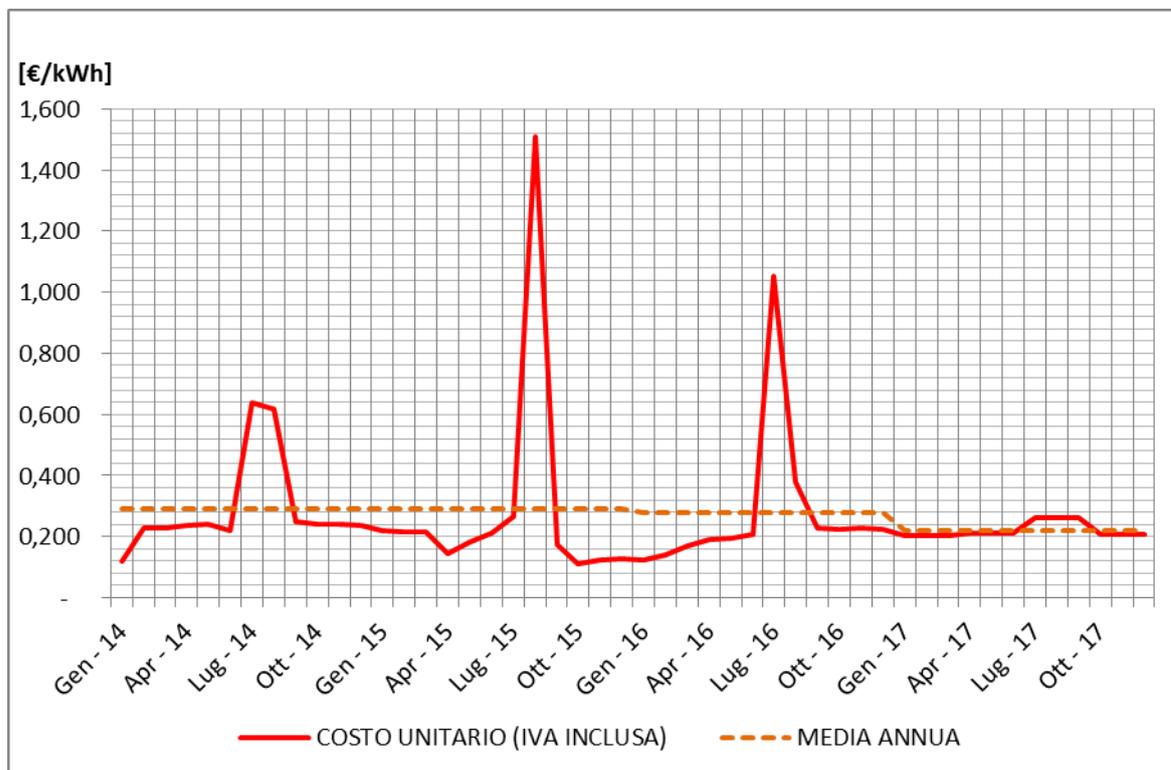
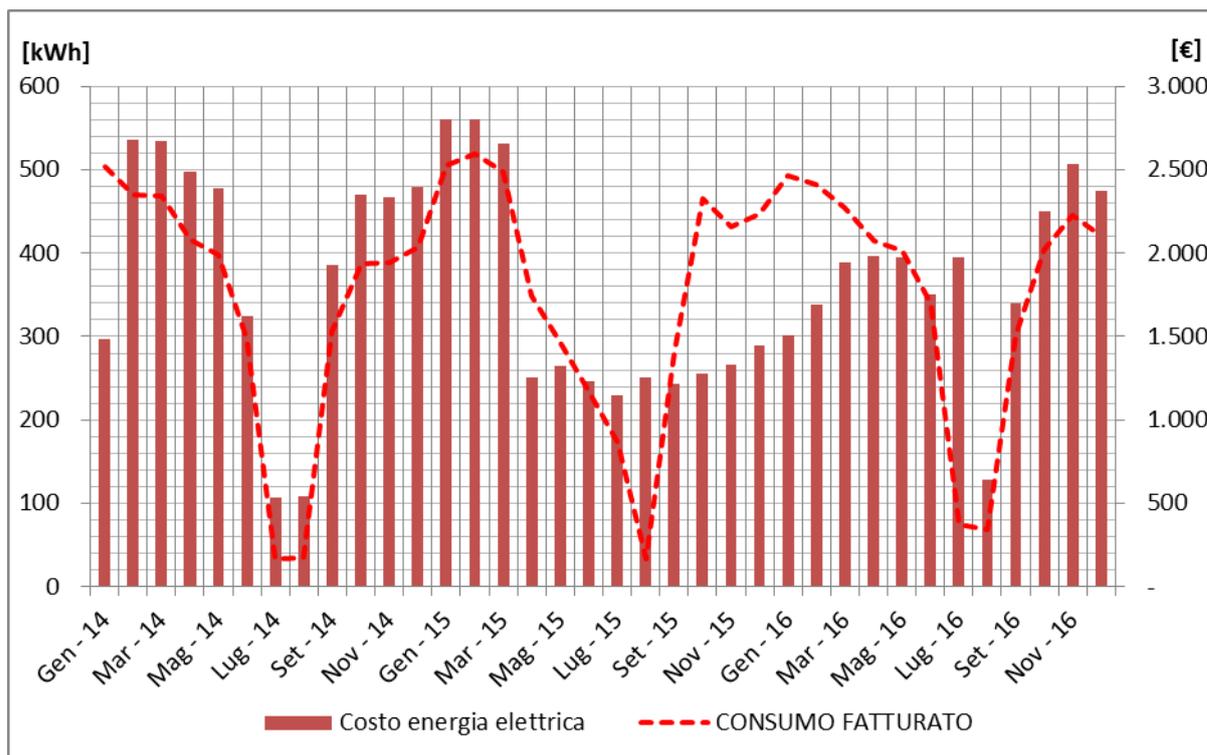


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi 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	120.402	€ 6.260,90	€ 0,05	20.567	4.681,53	€ 0,21	120.402
2015	57.371	€ 2.983,29	€ 0,05	21.155	3.951,04	€ 0,17	57.371
2016	59.855	€ 3.112,46	€ 0,05	21.507	4.467,55	€ 0,19	59.855
Media	79.209	€ 4.118,89	€ 0,05	21.076	4.366,71	€ 0,19	79.209

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	Valore ARERA ridotto del 5%	C <sub>uQ</sub>	0,085 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore ARERA ridotto del 5%	C <sub>uEE</sub>	0,209 [€/kWh]

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

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

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

- L1-042-136: 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 11.710 €.

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

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

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

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

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

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

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	$CM_o$	5.211 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$CM_s$	1.385 [€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 11.710 €.

### 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:

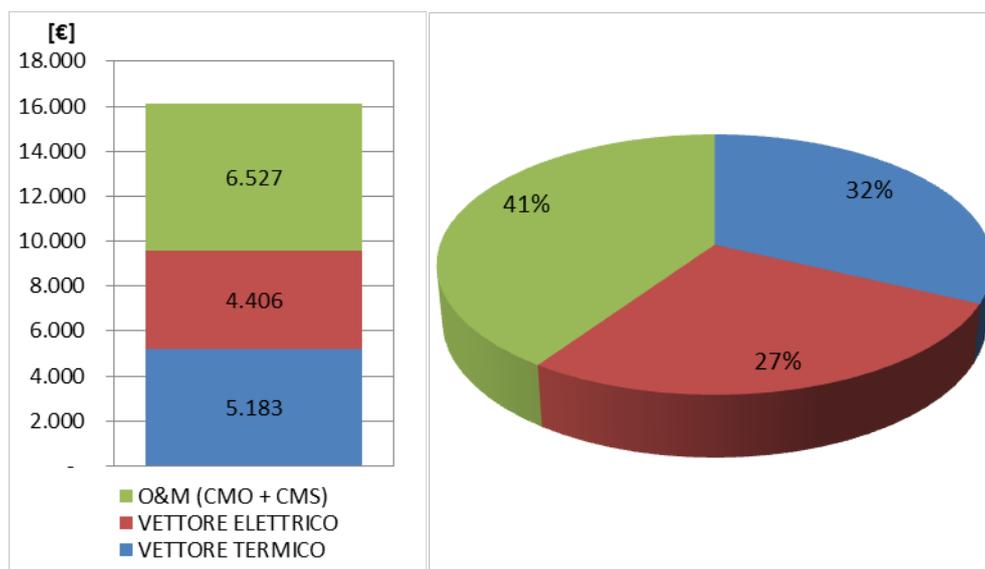
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 9.928 euro e un  $C_{baseline}$  pari a 16.524 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
60.672	0,085	5.183	21.076	0,209	4.406	6.527	5.156	1.371	16.115

Figura 7.4 –Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM2: Isolamento terrazzo e copertura piana

###### 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 della copertura / terrazzo

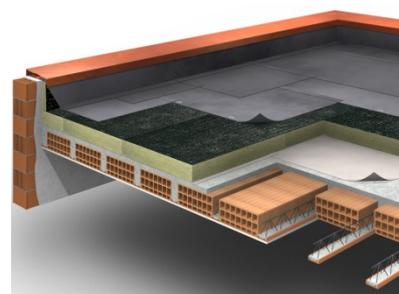


###### Caratteristiche funzionali e tecniche

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:

- 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;
- posa dell’eventuale manto impermeabile.

Qualora necessario ed opportuno preventivamente si può rimuovere una pavimentazione e/o un massetto esistente e riposarne uno nuovo sopra il manto impermeabile.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1

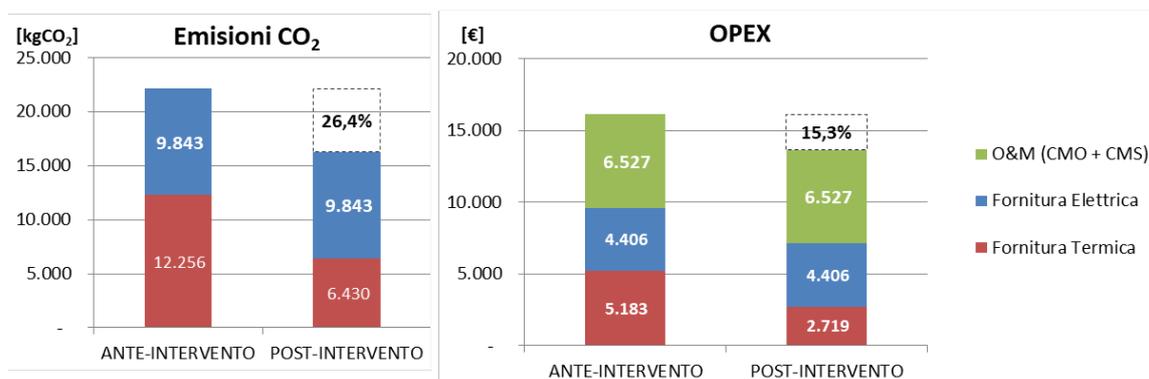
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM2: Isolamento terrazzo e copertura piana

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 trasmittanza	[W/mqK]	1,59	0,21	<b>86,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	60.556	31.772	<b>47,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	20.697	20.697	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	60.672	31.833	<b>47,5%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	21.076	21.076	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	6.430	<b>47,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	9.843	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>16.273</b>	<b>26,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.183	2.719	<b>47,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.406	4.406	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>7.125</b>	<b>25,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.156	5.156	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.371	1.371	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.527</b>	<b>6.527</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.115</b>	<b>13.652</b>	<b>15,3%</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 0,209 [€/kWh]

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



### **EEM 3: cappotto interno ed esterno ed isolamento solaio su zone non riscaldate**

#### **Generalità**

La misura prevede tre interventi:

1. la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulle pareti verticali non ricoperte dal marmo al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente;
2. isolamento interno con contro parete in cartongesso isolata ove è presente il materiale lapideo di rivestimento;
3. isolamento all’estradosso del solaio verso seminterrato.

Figura 8.3 - Particolare parete esterna



Il tutto con quantità tali di isolante a garantire il raggiungimento di un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

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

##### **ISOLAMENTO A CAPPOTTO ESTERNO**

L’isolamento a cappotto esterno 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.

##### **ISOLAMENTO A CAPPOTTO INTERNO**

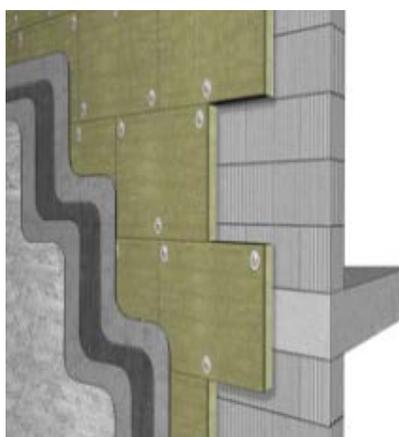
L’isolamento a cappotto interno consiste nell’applicazione di uno strato di materiale coibente sulle pareti perimetrali verticali all’interno dell’edificio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l’involucro. L’isolamento a cappotto presenta gli ulteriori vantaggi di 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. Infine il cappotto interno permette un più rapido riscaldamento e raffreddamento della struttura.

##### **ISOLAMENTO SOLAIO SU ZONE NON RISCALDATE**

L’isolamento del solaio su zone non riscaldate consiste nell’applicazione di uno strato di materiale coibente all’estradosso del solaio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l’involucro.

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

**Spessore isolante: 14/12 cm**



### **Descrizione dei lavori**

#### **ISOLAMENTO A CAPPOTTO ESTERNO**

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.

### ISOLAMENTO A CAPPOTTO ESTERNO

Il primo step consiste nella pulizia del supporto con eventuale asportazione delle tinteggiature. Successivamente viene posto in opera il telaio metallico in cui si inseriranno i pannelli; i pannelli vengono posati o mediante appositi fissaggi meccanici o attraverso incollaggio e fissaggio meccanico. Nel caso di incollaggio viene utilizzato un collante costituito da malta adesiva miscelata con cemento. Infine si procede alla chiusura della struttura con le lastre di cartongesso, alla listatura con garza dei punti di aderenza tra pannelli ed alla finitura con idropittura.

### ISOLAMENTO SOLAIO SU ZONE NON RISCALDATE

Il primo step consiste nella pulizia del supporto con eventuale asportazione delle tinteggiature. Successivamente i pannelli vengono posati o mediante appositi fissaggi meccanici a scomparsa o attraverso incollaggio e fissaggio meccanico. Nel caso di incollaggio viene utilizzato un collante costituito da malta adesiva miscelata con cemento. Trattandosi di locali tecnici non si procederà alla finitura superficiale con gesso.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella che segue.

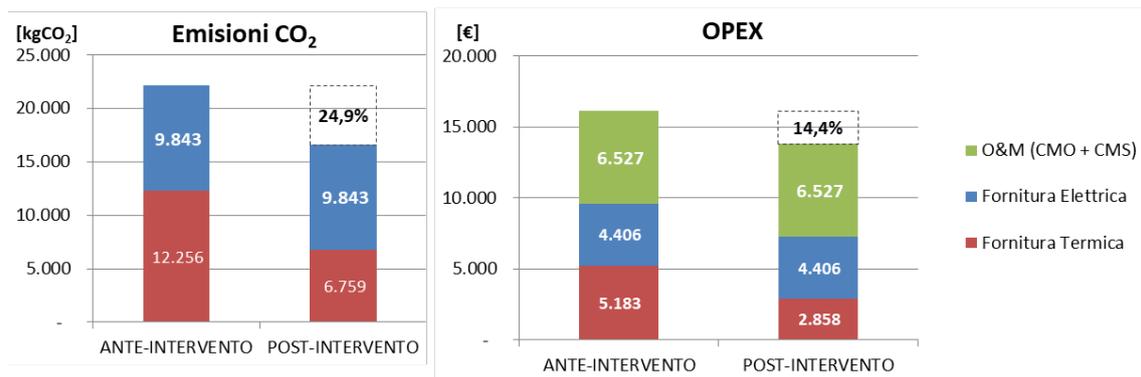
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM3: cappotto interno ed esterno ed isolamento solaio su zone non riscaldate

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 trasmittanza	[W/mqK]	1,08	0,23	<b>78,7%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	60.556	33.398	<b>44,8%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	20.697	20.697	<b>0,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	60.672	33.462	<b>44,8%</b>
$EE_{Baseline}$	[kWh]	21.076	21.076	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	6.759	<b>44,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	9.843	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>16.602</b>	<b>24,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.183	2.858	<b>44,8%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	4.406	4.406	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>7.264</b>	<b>24,2%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.156	5.156	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.371	1.371	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>6.527</b>	<b>6.527</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.115</b>	<b>13.791</b>	<b>14,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh]

Figura 8.3– EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## **EEM5: Sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione delle termovalvole**

### **Generalità**

L'intervento prevede la sostituzione dei serramenti originali e l'installazione delle termovalvole su tutti i termosifoni.

Figura 8.4 - 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.

L'installazione di termovalvole sui corpi scaldanti permette la gestione della temperatura per ogni ambiente, così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla riduzione degli sprechi.



### **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.

Per quanto riguarda le termovalvole ogni terminale di emissione verrà smontato, pulito e rimontato con le nuove valvole installate. Alla fine dei lavori tutto l'impianto verrà caricato e si procederà ad un test di funzionamento.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 che segue.

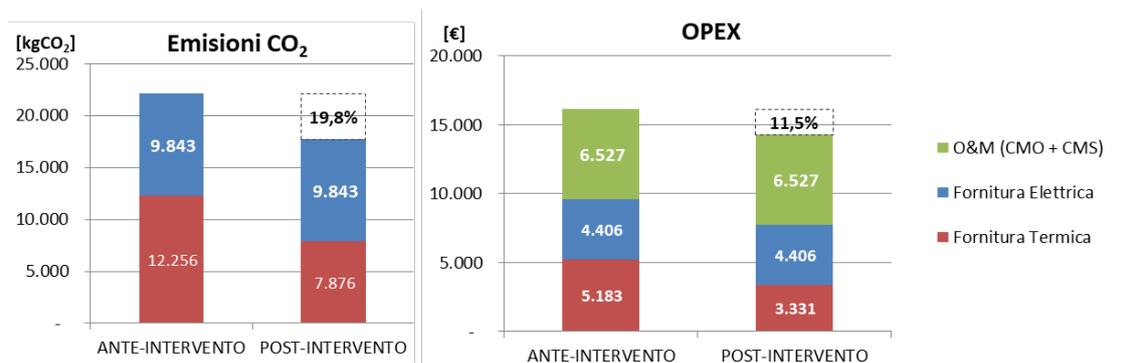
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM5: Sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione delle termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 trasmittanza	[W/mqK]	4,4	1,67	<b>62,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	60.556	38.917	<b>35,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	20.697	20.697	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	60.672	38.991	<b>35,7%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	21.076	21.076	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	7.876	<b>35,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	9.843	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>17.719</b>	<b>19,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.183	3.331	<b>35,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.406	4.406	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>7.736</b>	<b>19,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.156	5.156	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.371	1.371	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.527</b>	<b>6.527</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.115</b>	<b>14.263</b>	<b>11,5%</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 0,209 [€/kWh]

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



## **EEM6: isolamento sottofinestra e solaio su zona non riscaldata**

### **Generalità**

La misura prevede tre interventi:

1. isolamento interno con contro parete in cartongesso isolata in corrispondenza dei sottofinestra;
2. isolamento all’estradosso del solaio verso seminterrato.

Il tutto con quantità tali di isolante a garantire il raggiungimento di un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

#### **ISOLAMENTO SOTTOFINESTRA**

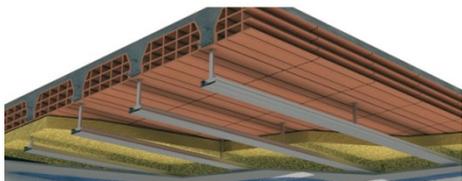
L’isolamento del sottofinestra consiste nell’applicazione di uno strato di materiale coibente in corrispondenza dei sottofinestra, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore delle porzioni murarie più sottili ove spesso sono installati anche i radiatori.

#### **ISOLAMENTO SOLAIO SU ZONE NON RISCALDATE**

L’isolamento del solaio su zone non riscaldate consiste nell’applicazione di uno strato di materiale coibente all’estradosso del solaio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l’involucro.

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

**Spessore isolante: 14/12 cm**



### **Descrizione dei lavori**

#### **ISOLAMENTO SOTTOFINESTRA**

Il primo step consiste nella pulizia del supporto con eventuale asportazione delle tinteggiature. Successivamente viene posto in opera il telaio metallico in cui si inseriranno i pannelli; i pannelli vengono posati o mediante appositi fissaggi meccanici o attraverso incollaggio e fissaggio meccanico. Nel caso di incollaggio viene utilizzato un collante costituito da malta adesiva miscelata con cemento. Infine si procede alla chiusura della struttura con le lastre di cartongesso, alla listatura con garza dei punti di aderenza tra pannelli ed alla finitura con idropittura. Nel caso di presenza del termosifone esso viene prima smontato e si ha cura di annegare nella struttura in cartongesso idonei supporti per il suo rimontaggio.

#### **ISOLAMENTO SOLAIO SU ZONE NON RISCALDATE**

Il primo step consiste nella pulizia del supporto con eventuale asportazione delle tinteggiature. Successivamente i pannelli vengono posati o mediante appositi fissaggi meccanici a scomparsa o attraverso incollaggio e fissaggio meccanico.

Nel caso di incollaggio viene utilizzato un collante costituito da malta adesiva miscelata con cemento. Trattandosi di locali tecnici non si procederà alla finitura superficiale con gesso.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM6 sono riportati nella che segue.

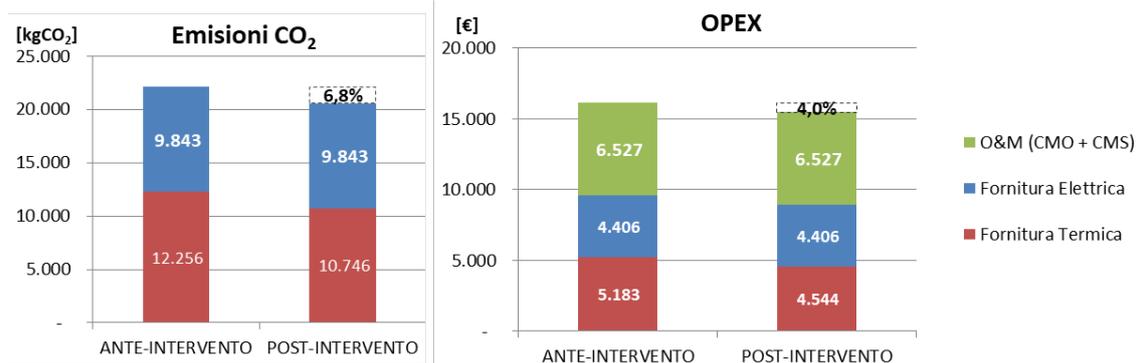
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM6: isolamento sottofinestra e solaio su zona non riscaldata

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM6 trasmittanza	[W/mqK]	1,08	0,23	<b>78,7%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	60.556	53.097	<b>12,3%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	20.697	20.697	<b>0,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	60.672	53.199	<b>12,3%</b>
$EE_{Baseline}$	[kWh]	21.076	21.076	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	10.746	<b>12,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	9.843	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>20.589</b>	<b>6,8%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.183	4.544	<b>12,3%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	4.406	4.406	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>8.950</b>	<b>6,7%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.156	5.156	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.371	1.371	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>6.527</b>	<b>6.527</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.115</b>	<b>15.477</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 0,209 [€/kWh]

Figura 8.3– EEM6: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 8.1.2 Impianto riscaldamento

### EEM 4: installazione delle termovalvole

#### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con l'installazione di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

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

L'installazione di termovalvole sui corpi scaldanti permette la gestione della temperatura per ogni ambiente, così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla riduzione degli spechi.

#### Descrizione dei lavori

Ogni terminale di emissione verrà smontato, pulito e rimontato con le nuove valvole installate. Alla fine dei lavori tutto l'impianto verrà caricato e si procederà ad un test di funzionamento.

#### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella che segue.

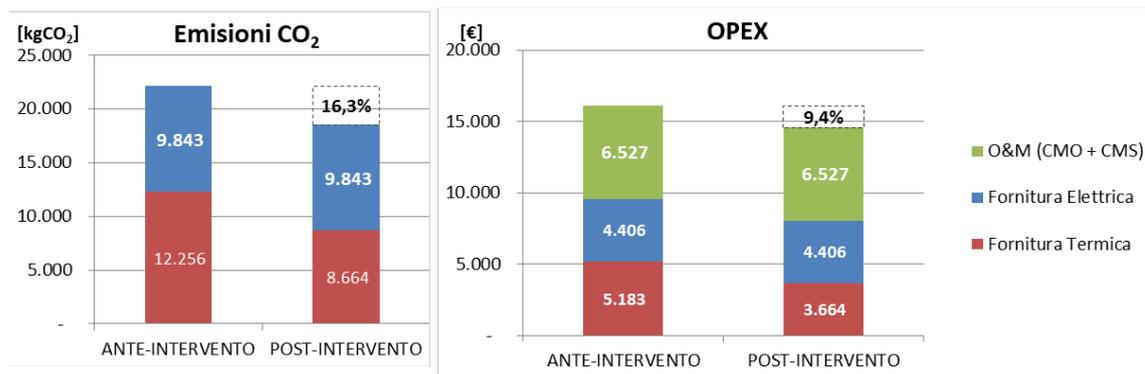
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4: installazione delle termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Rendimento regolazione	[%]	90%	97%	<b>-8%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	60.556	42.810	<b>29,3%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	20.697	20.697	<b>0,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	60.672	42.892	<b>29,3%</b>
$EE_{Baseline}$	[kWh]	21.076	21.076	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	8.664	<b>29,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	9.843	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>18.507</b>	<b>16,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.183	3.664	<b>29,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.406	4.406	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>8.070</b>	<b>15,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.156	5.156	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.371	1.371	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.527</b>	<b>6.527</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.115</b>	<b>14.597</b>	<b>9,4%</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 0,209 [€/kWh]

Figura 8.6– EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessun intervento simulato 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

Nessun intervento simulato perché l’impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

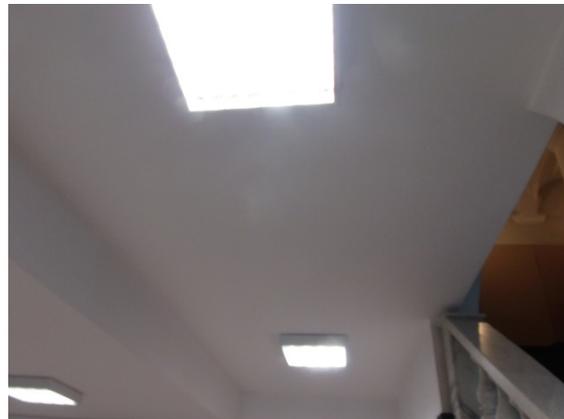
#### EEM 1: relamping

##### 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 8.7 - 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:

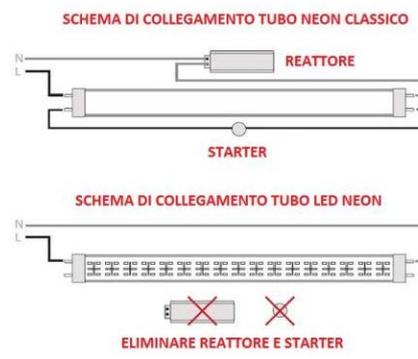
- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo 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 (cosidette 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 8.8 - 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.

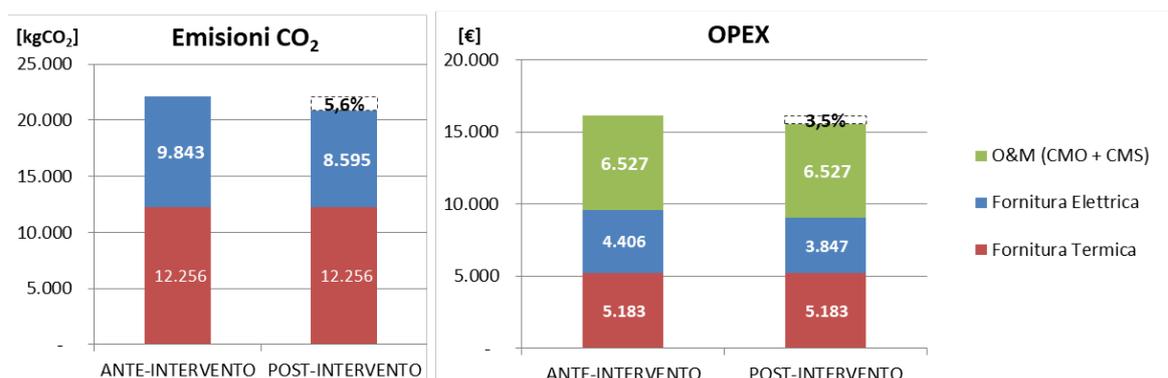
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM1: relamping

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 efficienza luminosa	[lm/W]	86	110	-27,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	60.556	60.556	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	20.697	18.073	12,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	60.672	60.672	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	21.076	18.404	12,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	12.256	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	8.595	12,7%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>20.851</b>	<b>5,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.183	5.183	0,0%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	4.406	3.847	12,7%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>9.030</b>	<b>5,8%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.156	5.156	0,0%
$C_{MS}$	[€]	1.371	1.371	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	6.527	6.527	0,0%
OPEX	[€]	16.115	15.557	3,5%
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 0,209 [€/kWh]

Figura 8.9 – EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



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

Nessun intervento simulato 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

#### **EEM 1: relamping**

Nella Figura 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 consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: relamping

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]		[€]
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 36 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	64	cad	7,45	6,77	433,45	22%	528,81
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>	10	cad	6,79	6,17	61,73	22%	75,31
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>	12	cad	9,85	8,95	107,45	22%	131,09
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%	%			44,16	22%	53,88
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			103,05	22%	125,72
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>1.619,30</b>	<b>22%</b>	<b>1.975,55</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: isolamento della copertura**

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, 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, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

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

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2: isolamento della copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019	533,72	mq	6,26	5,69	3.037,35	22%	3.705,57
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	533,72	mq	5,67	5,15	2.751,08	22%	3.356,32
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	533,72x16	mq cm	2,00	1,82	15.526,40	22%	18.942,21
Costi per la sicurezza	-	3%	%			639,45	22%	780,12
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.492,04	22%	1.820,29
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>–EEM2)</b>						<b>23.446,32</b>	<b>22%</b>	<b>28.604,51</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>9.379,00</b>		<b>11.442,00</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>1.875,80</b>		<b>2.288,40</b>

**EEM 3: cappotto interno ed esterno ed isolamento solaio su zone non riscaldate**

Nella Tabella 9.3 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, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	80 €/m <sup>2</sup> - 100 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3: cappotto interno ed esterno ed isolamento solaio su zone non riscaldate

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
pannello in polistirene espanso sinterizzato, densità 10-13 kg/m <sup>3</sup> (cappotto esterno)	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.U01.010	491,53 mq x 14 cm	mq cm	0,33	0,30	2.064,43	22%	2.518,60
pannello in polistirene espanso sinterizzato, densità 10-13 kg/m <sup>3</sup> (isolamento solaio)	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.U01.010	242,78 mq x 14 cm	mq cm	0,33	0,30	1.019,68	22%	1.244,00

pannello in polistirene espanso sinterizzato, densità 10-13 kg/m4	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.U01.011	59,54 mq x 12 cm	mq cm	0,33	0,30	214,34	22%	261,50
Posa isolamento termo-acustico superfici verticali (cappotto esterno)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	491,53	mq	13,41	12,19	5.992,20	22%	7.310,48
Posa isolamento termo-acustico superfici verticali (cappotto interno)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	59,54	mq	13,41	12,19	725,85	22%	885,53
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019	242,78	mq	6,26	5,69	1.381,64	22%	1.685,60
intonaco esterno	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1.A10	491,53	mq	66,72	60,65	29.813,53	22%	36.372,51
tinteggiatura superfici murarie esterne	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	491,53	mq	5,79	5,26	2.587,24	22%	3.156,43
fornitura e posa controparete in cartongesso	Prezziario Regione Lombardia - voce: PR.A22.A10.005	59,54	mq	25,37	23,06	1.373,21	22%	1.675,31
tinteggiatura superfici murarie interne	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A90.B20.020	59,54	mq	5,93	5,39	320,97	22%	391,59
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese - balaustra	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	491,53	mq	14,03	12,75	6.269,24	22%	7.648,47
noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	491,53	mq	1,3	1,18	580,90	22%	708,70
Costi di progettazione	-	3%	%			1.570,30	22%	1.915,76
Costi per la sicurezza	-	7%	%			3.664,03	22%	4.470,11
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEM3)</b>						<b>57.577,54</b>	<b>22%</b>	<b>70.244,60</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>23.031</b>		<b>28.098</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>4.606,20</b>		<b>5.619,60</b>

#### **EEM 4: installazione termovalvole**

Nella tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella posa di uno stato di isolante sulla copertura piana dell'edificio.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM4: installazione termovalvole

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> ]	[€]	[€]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	28	cad	35,42	32,20	901,60	22%	1.099,95
Costi di		3%	%			27,05	22%	33,00

progettazione					
Costi per la sicurezza -valvole	7%	%	63,11	22%	77,00
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEM4)</b>			<b>991,76</b>	<b>22%</b>	<b>1.209,95</b>

### **EEM 5: Sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione delle termovalvole**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione dei tubi fluorescenti con tubi a led.

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.

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	450 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	100.000 €

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5: Sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione delle termovalvole

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> ]	[€]		[€]
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	60,73	mq	10,15	9,23	560,37	22%	683,65
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	60,73	mq	328,90	299,00	18.158,27	22%	22.153,09
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	60,73	mq	47,62	43,29	2.629,06	22%	3.207,45
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	28	cad	35,42	32,20	901,60		901,60
Costi per la sicurezza	-	3%	%			667,48	22%	814,32
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.557,45	22%	1.900,09
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>- EEM1)</b>						<b>24.474,23</b>	<b>22%</b>	<b>29.660,21</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>9.393</b>		<b>10.931</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>1.878,60</b>		<b>2.186,20</b>

### **EEM 6: isolamento sottofinestra e solaio su zone non riscaldate**

Nella Tabella 9.6 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, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	80 €/m <sup>2</sup> - 100 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM6: isolamento sottofinestra e solaio su zone non riscaldate

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> ]	[€]	[€]	[€]
pannello in polistirene espanso sinterizzato, densità 10-13 kg/m <sup>3</sup>	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.U01.010	256,13 mq x 14 cm	mq cm	0,33	0,30	72,83	22%	88,86
Posa isolamento termo-acustico superfici verticali	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	13,35	mq	13,41	12,19	162,75	22%	198,55
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019	242,78	mq	6,26	5,69	1.381,64	22%	1.685,60
fornitura e posa controparete in cartongesso	Prezziario Regione Lombardia - voce: PR.A22.A10.005	13,35	mq	25,37	23,06	307,90	22%	375,64
tinteggiatura superfici murarie interne	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A90.B20.020	13,35	mq	5,93	5,39	71,97	22%	87,80
Costi di progettazione		3%	%			59,91	22%	73,09
Costi per la sicurezza		7%	%			139,80	22%	170,55
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM6)</b>						<b>2.196,80</b>	<b>22%</b>	<b>2.680,09</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>879</b>		<b>1072</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>						<b>175,8</b>		<b>214,40</b>

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

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### EEM 1: relamping

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	1.976
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	-
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	3,6	3,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,0	4,0
Valore attuale netto	VAN	1.173	1.173
Tasso interno di rendimento	TIR	18,7%	18,7%
Indice di profitto	IP	0,59	0,59

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

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

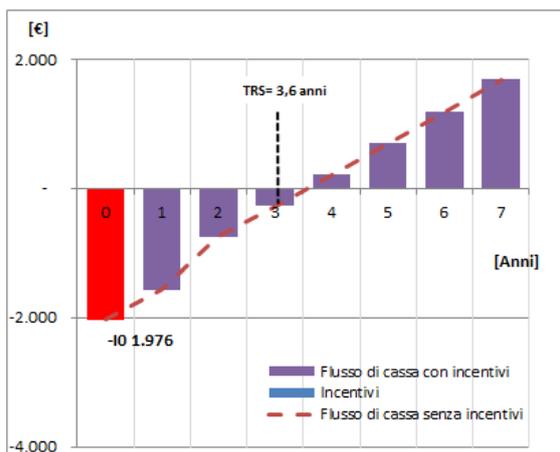
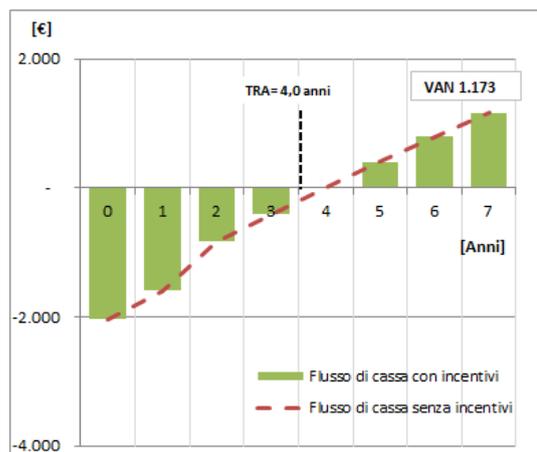


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’investimento è molto simile con e senza gli incentivi ed in entrambi i casi l’intervento sviluppa parametri di valutazione economica che ne sottolineano la convenienza.

## EEM 2: isolamento della copertura

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	28.605
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.288
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	11,3	6,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,4	8,6
Valore attuale netto	VAN	15.232	25.420
Tasso interno di rendimento	TIR	8,2%	12,5%
Indice di profitto	IP	0,53	0,89

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

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

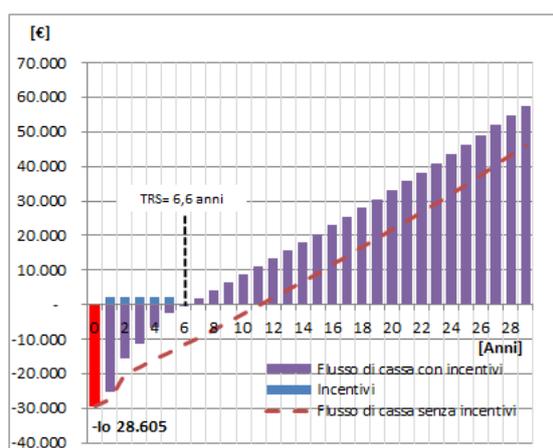
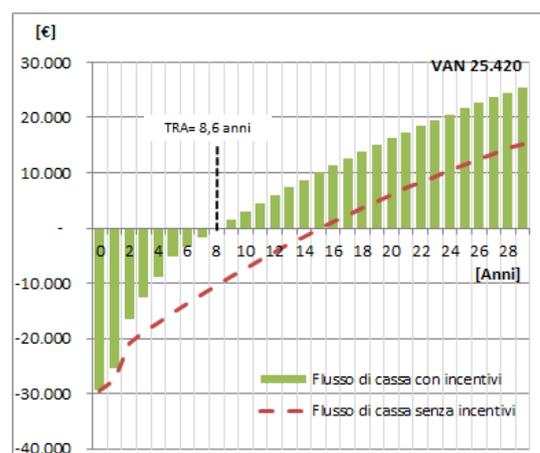


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’investimento è molto simile con e senza gli incentivi ed in entrambi i casi l’intervento sviluppa parametri di valutazione economica che ne sottolineano la convenienza.

### EEM 3: cappotto interno ed esterno ed isolamento solaio su zone non riscaldate

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	35.918
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	4.215
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	14,6	4,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	21,9	7,7
Valore attuale netto	VAN	6.662	25.427
Tasso interno di rendimento	TIR	5,6%	12,2%
Indice di profitto	IP	0,19	0,71

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

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

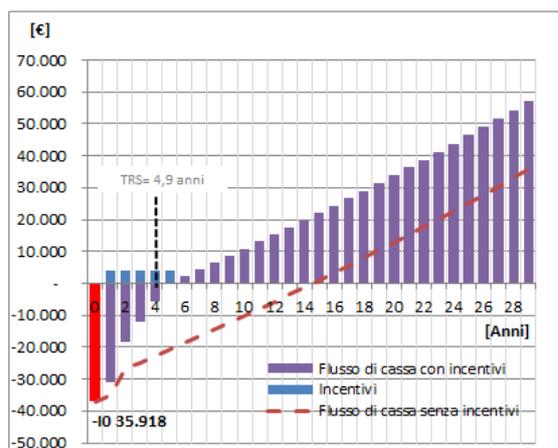
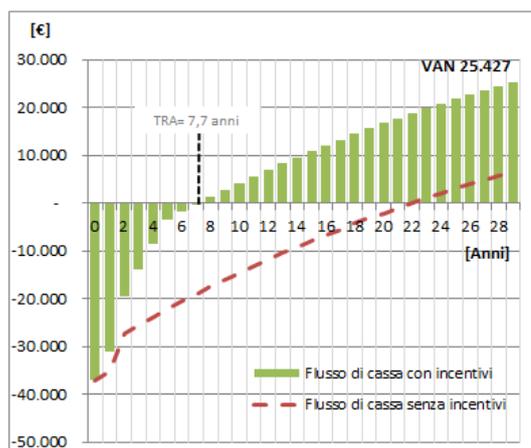


Figura 9.6 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento solo non è conveniente.

### EEM 4: installazione termovalvole

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	1.210
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,0	1,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,0	1,0
Valore attuale netto	VAN	13.247	13.247
Tasso interno di rendimento	TIR	106,6%	106,6%
Indice di profitto	IP	10,95	10,95

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

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

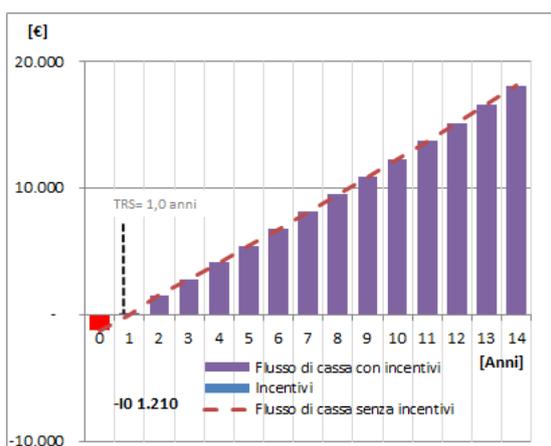
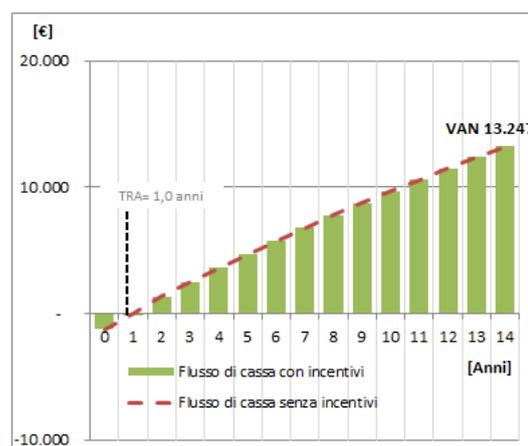


Figura 9.8 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’investimento è molto simile con e senza incentivi ed in entrambi i casi l’intervento sviluppa parametri di valutazione economica che ne sottolineano la convenienza.

### EEM 5: sostituzione serramenti a vetro singolo

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	29.660
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.186
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	15,1	8,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	23,4	12,8
Valore attuale netto	VAN	4.410	14.143
Tasso interno di rendimento	TIR	5,3%	8,9%
Indice di profitto	IP	0,15	0,48

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

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

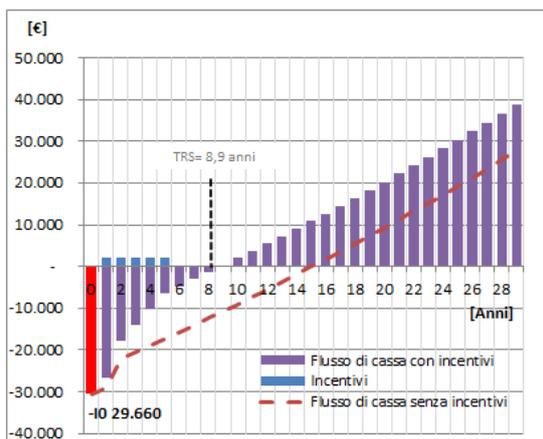
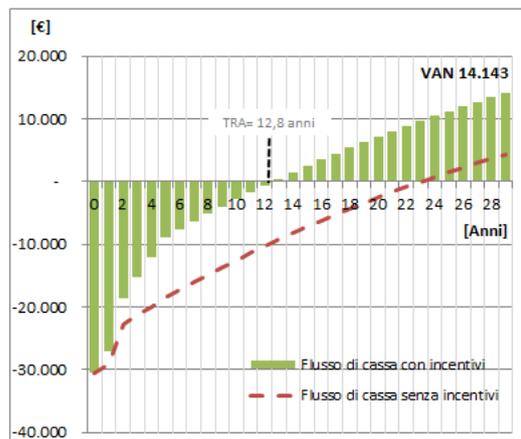


Figura 9.10 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha tempi di ritorno inferiori alla sua vita utile e risulta mediamente vantaggioso.

### EEM 6:isolamento sottofinestra e solaio su zone non riscaldate

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

Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	2.680
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	214
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	4,3	3,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,8	3,5
Valore attuale netto	VAN	8.033	8.987
Tasso interno di rendimento	TIR	22,8%	28,6%
Indice di profitto	IP	3,00	3,35

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

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

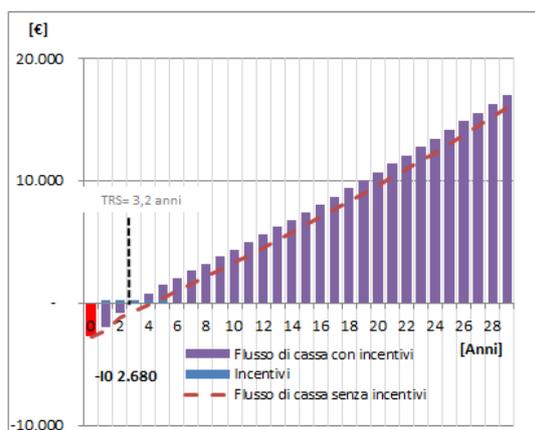
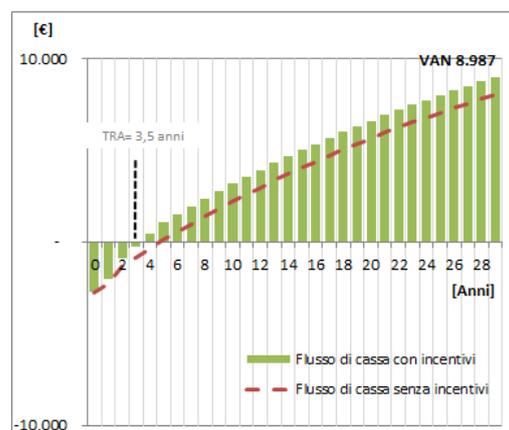


Figura 9.12 – EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’investimento è molto simile con e senza gli incentivi ed in entrambi i casi l’intervento sviluppa parametri di valutazione economica che ne sottolineano la convenienza.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – 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]	$I_0^{(1)}$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	6%	6%	559	0	0	1.976	3,63	3,99	8	1.173	19%	0,59
EEM 2	26%	26%	2.463	0	0	28.605	11,27	15,41	30	15.232	8%	0,53
EEM 3	24%	25%	2.324	0	0	35.918	14,62	21,95	30	6.662	5,57%	0,19
EEM 4	16%	16%	1.519	0	0	1.210	0,99	0,96	15	13.247	107%	10,95
EEM 5	19%	20%	1.852	0	0	29.660	15,14	23,41	30	4.410	5%	0,15
EEM 6	7%	7%	638	0	0	2.680	4,32	4,83	30	8.033	23%	3,00

Nota(1): IVA inclusa

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 hanno tempi di ritorno molto brevi mentre risultano più lunghi quelli sull'involucro.

Tabella 9.14 – 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]	$I_0^1$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	6%	6%	559	0	0	1.976	3,63	3,99	15	1.173	19%	0,59
EEM 2	26%	26%	2.463	0	0	28.605	6,56	8,59	25	25.420	13%	0,89
EEM 3	24%	25%	2.324	0	0	35.918	4,94	7,74	25	25.427	12,16%	0,71
EEM 4	16%	16%	1.519	0	0	1.210	0,99	0,96	15	13.247	107%	10,95
EEM 5	19%	20%	1.852	0	0	29.660	8,93	12,78	25	14.143	9%	0,48
EEM 6	7%	7%	638	0	0	2.680	3,16	3,47	25	8.987	29%	3,35

Nota(1): IVA inclusa

Dall'analisi dei risultati emerge che i tempi di ritorno con gli incentivi del conto termico si riducono notevolmente ed anche interventi impegnativi come l'isolamento completo delle strutture opache orizzontali diventa una opzione valida dal punto di vista di un efficientamento globale del fabbricato che venga pensato nell'ottica della riduzione del fabbisogno energetico e non solo dell'efficientamento.

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è 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:

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 degli interventi 1 e 4 con focus sugli impianti
- **Scenario 2: SCN2:** Tale scenario consiste nella realizzazione di degli interventi 1, 2, 4 e 6

### 9.3.1 Scenario 1: SCN1

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

- EEM 1: relamping
- EEM 4: installazione valvole termostatiche

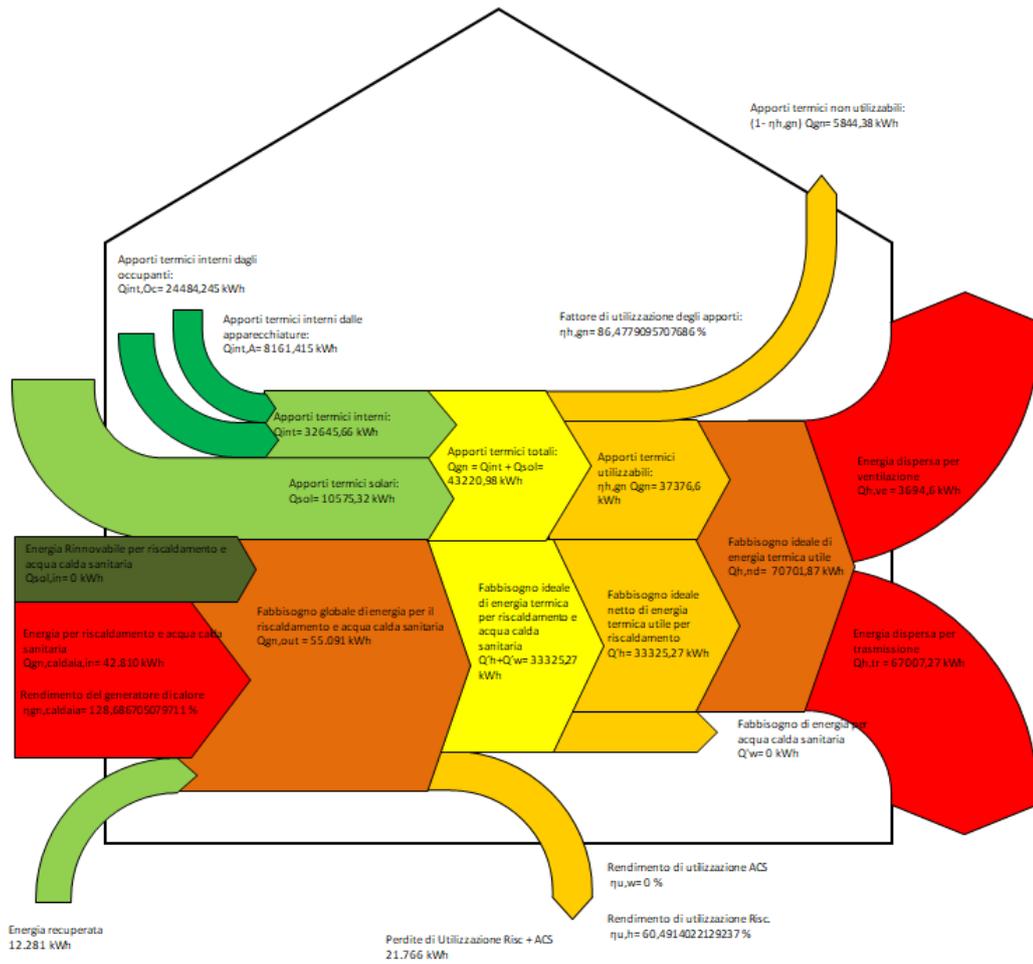
**Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1**

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	1.472,09	22%	1.795,95
EEM4 Fornitura & Posa	901,60	22%	1.099,95
Costi per la sicurezza	71,21	22%	86,88
Costi per la progettazione	166,16	22%	202,71
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>2.611,06</b>	<b>22%</b>	<b>3.185,49</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	0	
Durata incentivi		0	
Incentivo annuo		0	

Lo scenario non permette il miglioramento di due classi in quanto essendo l'edificio vincolato ed essendo appena stato efficientato il sistema di generazione del calore, gli interventi possibili sono pochi.

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

Figura 9.13 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



I grafici riportati nelle Figure 9.14 e 9.15 mostrano come l'intervento permetta una diminuzione di utilizzo di gas metano ed un notevole risparmio sui consumi elettrici.

Figura 9.14 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

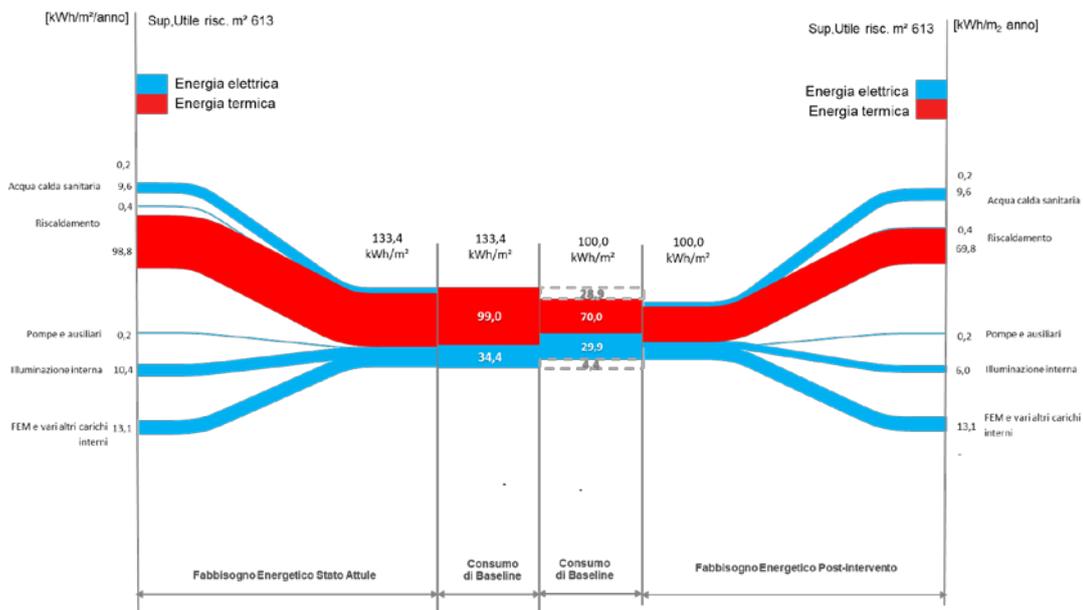
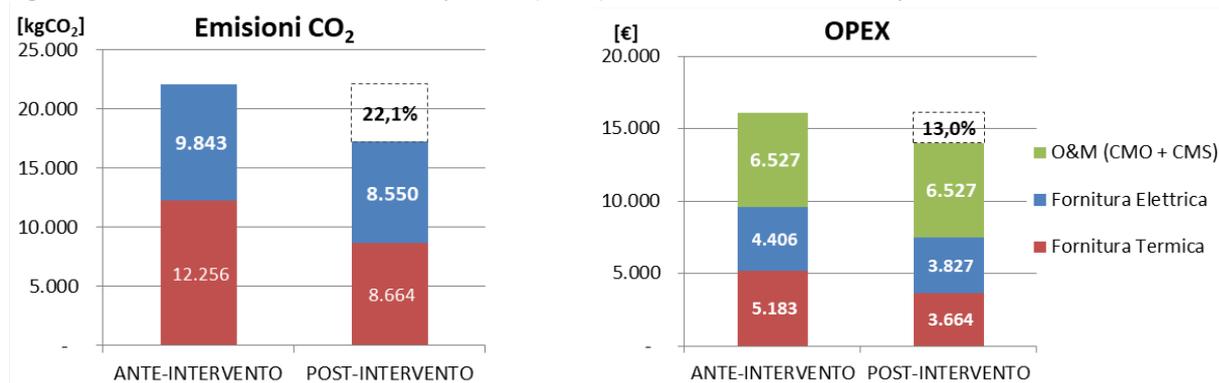


Tabella 9.16– Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 efficienza luminosa	[lm/W]	86	110	<b>-27,9%</b>
EEM4 Rendimento di regolazione	[%]	90,00%	97,00%	<b>-7,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	60.556	42.810	<b>29,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	20.697	17.979	<b>13,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	60.672	42.892	<b>29,3%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	21.076	18.309	<b>13,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	8.664	<b>29,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	8.550	<b>13,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>17.214</b>	<b>22,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.183	3.664	<b>29,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.406	3.827	<b>13,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>7.491</b>	<b>21,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.156	5.156	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.371	1.371	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.527</b>	<b>6.527</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>16.115</b>	<b>14.018</b>	<b>13,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	nessun salto di classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15– SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – 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)	$n_D$	2
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 3.185
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 96
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 3.281
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 2.625
Equity	$I_E$	€ 656
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	1,92
Rata annua debito	$q_D$	€ 1.365
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 2.730
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 106

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 7.859
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{MO}$	€ 5.350
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 13.209
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	21,9%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 932
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 660
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 28.605
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 2.059
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	30,21%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 71

Costi FTT €/anno IVA escl.	C <sub>FTT</sub>	€	8
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C <sub>CAPEX</sub>	€	193
Canone O&M €/anno	CnM	€	5.555
Canone Energia €/anno	CnE	€	6.722
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	12.277
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	272
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	<b>12.549</b>
Aliquota IVA %	IVA		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€	574
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>		
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.19 – 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	T.R.S.	<b>4,20</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	<b>4,61</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ <b>864</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	<b>16,39%</b>
Indice di Profitto	IP	<b>27,13%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	<b>4,36</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	<b>4,74</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ <b>732</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	<b>31,83%</b>
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	<b>0,755</b>
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	<b>1,788</b>
Indice di Profitto Azionista	IP	<b>22,98%</b>

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

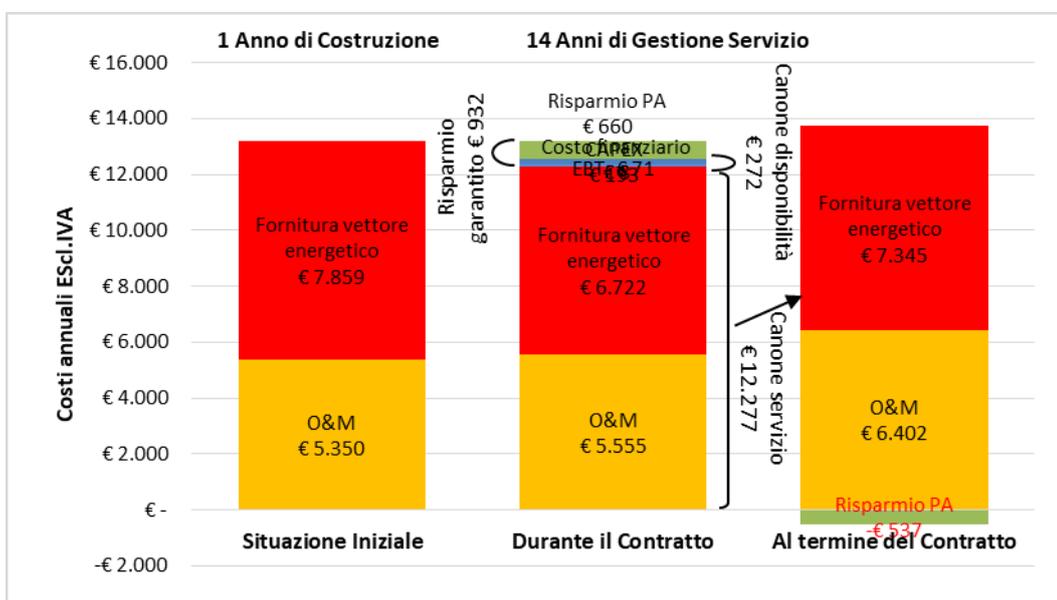


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



Il piano economico e finanziario appena riportato è stato sviluppato come da richieste e si è considerato una durata del debito di 5 anni, tuttavia, visto l’esiguo investimento iniziale (5.836 euro circa) ed il risparmio economico annuo (2.399 euro circa all’anno) si ritengono fuorvianti i risultati del piano economico stesso e si consiglia l’esecuzione dell’intervento come una mera manutenzione ordinaria sull’edificio.

### 9.3.2 Scenario 2: SCN2

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

- EEM 1: relamping
- EEM 2: isolamento della copertura
- EEM 4: installazione valvole termostatiche
- EEM 6: isolamento sottofinestra e solaio su zona non riscaldata

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	1.472,09	22%	1.795,95
EEM2 Fornitura & Posa	21.314,84	22%	26.004,10
EEM4 Fornitura & Posa	901,60	22%	1.099,95
EEM6 Fornitura & Posa	1.997,09	22%	2.436,45
Costi per la sicurezza	770,57	22%	940,09
Costi per la progettazione	1.797,99	22%	2.193,55
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>28.254,18</b>	<b>22%</b>	<b>34.470,10</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>10.257</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>2.051,4</b>	

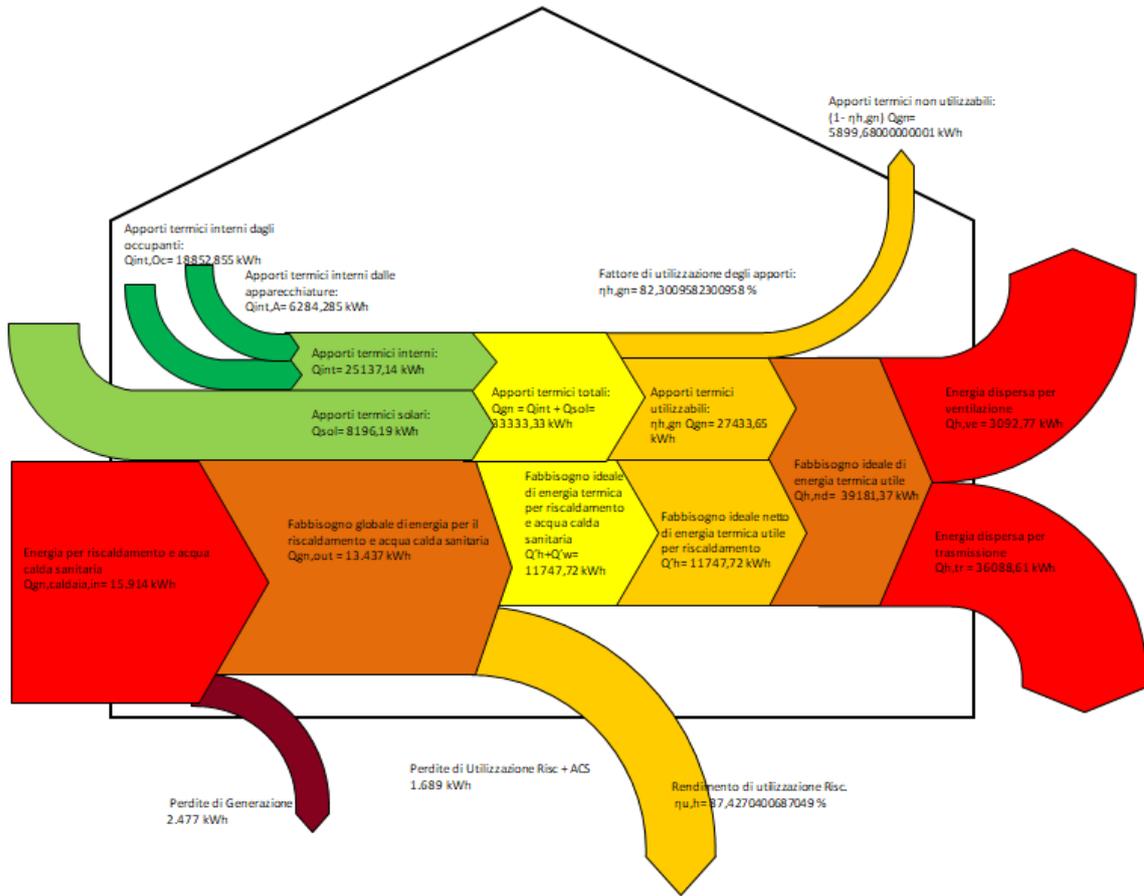
Tabella 9.20– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM2	200 €/mq
Costo massimo ammissibile per EEM6	100 €/mq
Valore massimo incentivo EEM2	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM6	400.000 €

Lo scenario non permette il miglioramento di due classi in quanto essendo l’edificio vincolato ed essendo appena stato efficientato il sistema di generazione del calore, gli interventi possibili sono pochi.

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

Figura 9.19 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



I grafici riportati nelle Figure 9.19 e 9.20 mostrano come l'intervento permetta una diminuzione del fabbisogno energetico, una diminuzione di utilizzo di gas metano ed un notevole risparmio sui consumi elettrici.

Figura 9.20 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

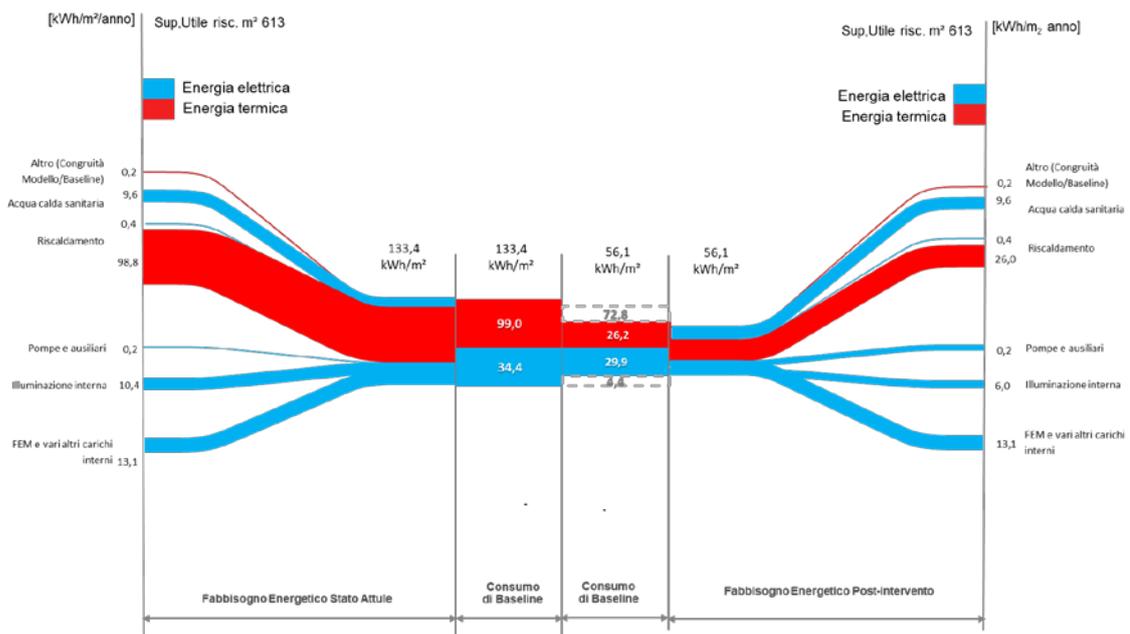
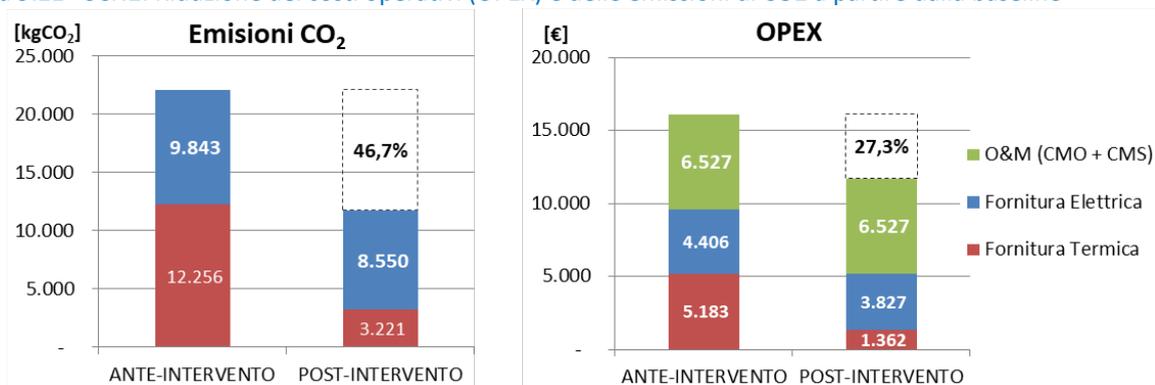


Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 efficienza luminosa	[lm/W]	86	110	<b>-27,9%</b>
EEM2 Trasmittanza	[W/mqK]	1,59	0,21	<b>86,8%</b>
EEM4 Rendimento di regolazione	[%]	90,00%	97,00%	<b>-7,8%</b>
EEM6Trasmittanza	[W/mqK]	1,08	0,23	<b>78,7%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	60.556	15.914	<b>73,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	20.697	17.979	<b>13,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	60.672	15.944	<b>73,7%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	21.076	18.309	<b>13,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.256	3.221	<b>73,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.843	8.550	<b>13,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>22.098</b>	<b>11.771</b>	<b>46,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.183	1.362	<b>73,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	4.406	3.827	<b>13,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>9.588</b>	<b>5.189</b>	<b>45,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.156	5.156	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.371	1.371	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>6.527</b>	<b>6.527</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>16.115</b>	<b>11.716</b>	<b>27,3%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	nessun salto di classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,09 [€/kWh] per il vettore termico e 0,228 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21– SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.22, Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – 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)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 34.470
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.034
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 35.504
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 28.403
Equity	$I_E$	€ 7.101
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	8,30
Rata annua debito	$q_D$	€ 3.421
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 34.213
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 5.810

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 7.859
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 5.350
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 13.209
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	46,8%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2.640
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 660
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 69.794
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 4.960
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	63,81%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 944

## E1570 – Scuola comunale infanzia “Garbarino” e scuola primavera mista “Garbarino”

Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	242
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	793
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	5.698
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	4.872
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	10.570
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	1.979
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>12.549</b>
Aliquota IVA %	$IVA$		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	6.216
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	10.257
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.24 – 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>8,05</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>10,73</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 11.866</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>8,97%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>34,42%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>2,91</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>3,53</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 6.397</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>28,78%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,190</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>1,801</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>18,56%</b>

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

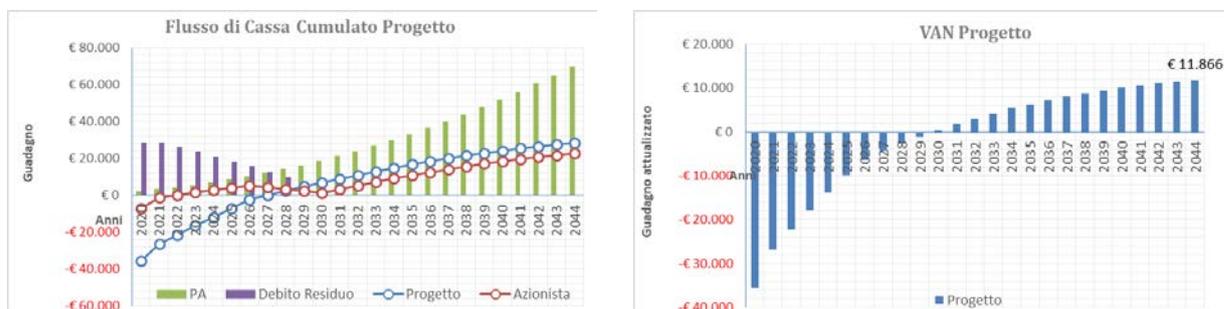
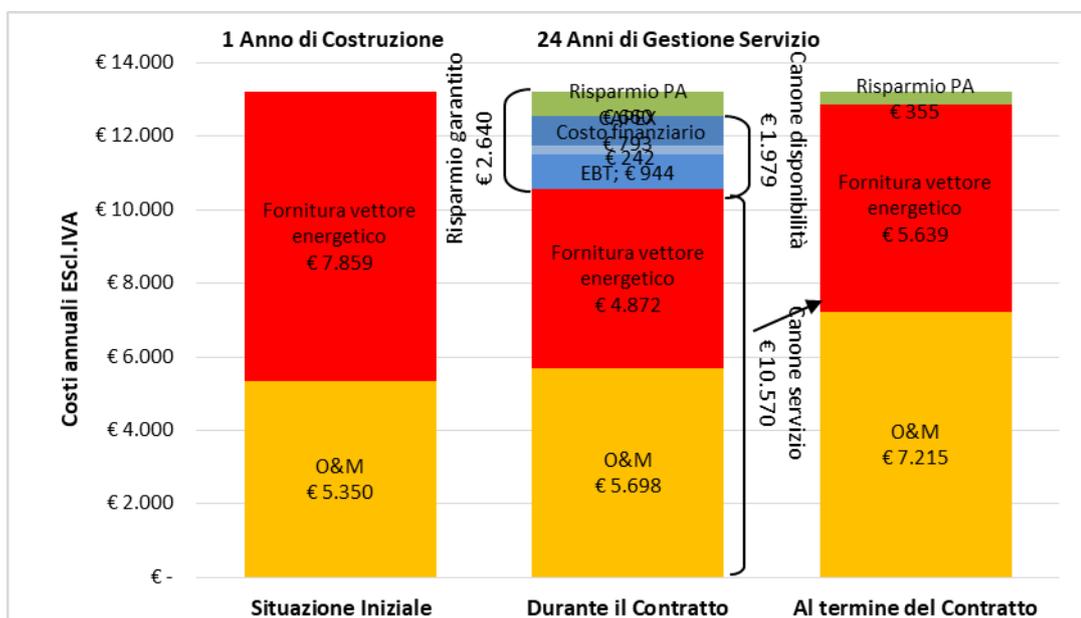


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.24 – 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	20,20	9,15	9,25			
Energia elettrica				23,05	23,71	24,10

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

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

Di seguito si riassumono i risultati degli scenari.

	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	22%	22%	2.097	0	0	3.185	4,36	4,74	732	31,8%	0,23	0,76	1,79
SCN 2	46%	47%	4.399	0	0	34.470	2,91	3,53	6.397	28,8%	0,18	1,19	1,80

### 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 sono stati efficientati nel 2017
- i consumi elettrici risultano molto elevati
- l’involucro opaco è privo di isolante
- parte dell’involucro trasparente è obsoleto
- si è constatato un sovra riscaldamento degli ambienti
- l’edificio è vincolato.

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 comfort degli utenti. Inoltre visto gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sarebbe opportuno ritardare gli orari di accensione e spegnimento degli impianti.

Si consiglia infine di procedere alla lettura mensile dei consumi di gas del contatore della cucina e comunicarli periodicamente alla società erogante il servizio al fine di un migliore monitoraggio degli stessi e del pagamento mensile di ciò che effettivamente si consuma senza incorrere in onerosi anticipi.

Si sottolinea che si è cercato di definire gli scenari SCN1 e SCN2 in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni) tuttavia in considerazione dei vincoli presenti sull’edificio e degli interventi di efficientamento degli impianti termici appena effettuati (generatore di calore sostituito nel 2017)<sup>1</sup> non sono riusciti a delineare scenari che prevedano il salto di classe richiesto. E’ tuttavia importante sottolineare come la classe venga definita in rapporto ad un edificio ideale uguale per forma e dimensioni a quello considerato ma con le strutture e gli impianti pari al minimo di legge; il dato che realmente indica la performance energetica dell’edificio è l’indice di prestazione globale ed in tale senso gli scenari delineati individuano una notevole diminuzione di tale indice.

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.

---

<sup>1</sup> La simulazione di un intervento sull’impianto che comportasse la sostituzione della nuova caldaia con una pompa di calore solo per rispettare la richiesta del salto di due classi sull’APE è stata presa in considerazione ma non realizzata in quanto è apparsa come un mero esercizio di stile in quanto non si ritiene ipotizzabile e/o realistico vanificare l’investimento appena eseguito sull’impianto di generazione.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01570
2	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO/GIARDINO	10/1997	E01570S
3	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	11/1999	PIAN1
4	TAVOLA PIANO INTERRATO EDIFICIO	11/1999	PIAN1SS
5	TAVOLA PIANO AMMEZZATO EDIFICIO	11/1999	PIANTA
6	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	11/1999	PIANT
7	TAVOLA ALLOGGIO	11/1999	UIU002
8	SCHEDA CENTRALE TERMICA	06/2017	136-P00-024-CENTRALE TERMICA
9	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-136-P00
10	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-136-P01
11	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-136-P00 - Checklist
12	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-136-P01 - Checklist
13	FATTURA EE DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065499
14	FATTURA EE DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098221
15	FATTURA EE DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134954
16	FATTURA EE DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176200
17	FATTURA EE DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700214973
18	FATTURA EE DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248946
19	FATTURA EE DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291259
20	FATTURA EE DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345571
21	FATTURA EE DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373395
22	FATTURA EE DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411457
23	FATTURA EE DEL 24/02/2015	03/2014	2014-5700477402
24	FATTURA EE DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700510846
25	FATTURA EE DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750081986
26	FATTURA EE DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544221
27	FATTURA EE DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140843
28	FATTURA EE DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163928
29	FATTURA EE DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175671
30	FATTURA EE DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337521
31	FATTURA EE DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234064
32	FATTURA EE DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281519
33	FATTURA EE DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386675
34	FATTURA EE DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432862
35	FATTURA EE DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483581
36	FATTURA EE DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018556
37	FATTURA EE DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084133
38	FATTURA EE DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310244
39	FATTURA EE DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150589
40	FATTURA EE DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084134
41	FATTURA EE DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334603
42	FATTURA EE DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238236
43	FATTURA EE DEL 01/04/2016	01/2018	2016-E000194172
44	FATTURA EE DEL 01/06/2016	01/2018	2016-E000278553
45	FATTURA EE DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025276
46	FATTURA EE DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087947
47	FATTURA EE DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640048519
48	FATTURA EE DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060830
49	FATTURA EE DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074903
50	FATTURA EE DEL 19/12/2016	01/2018	2016-011640126640
51	FATTURA EE DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011740042571
52	FATTURA EE DEL 15/11/2016	01/2018	2016-011640100078

*E1570 – Scuola comunale infanzia “Garbarino” e scuola primavera mista “Garbarino”*

53	FATTURA EE DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001581
54	FATTURA GAS DEL 25/07/2014	03/2014	2014-20141121854
55	FATTURA GAS DEL 25/08/2015	03/2015	2015-20151731
56	FATTURA GAS DEL 15/07/2015	03/2015	2015-P150007518
57	FATTURA GAS DEL 18/08/2015	03/2015	2015-P150015576
58	FATTURA GAS DEL 16/09/2015	03/2015	2015-P150019771
59	FATTURA GAS DEL 16/10/2015	03/2015	2015-P150032667
60	FATTURA GAS DEL 16/11/2015	03/2015	2015-P150037967
61	FATTURA GAS DEL 17/08/2015	03/2015	2015-20151346
62	FATTURA GAS DEL 16/12/2015	03/2015	2015-P150048624
63	FATTURA GAS DEL 19/01/2016	03/2015	2015-P150003881
64	FATTURA GAS DEL 16/02/2016	09/2017	2016-P160012671
65	FATTURA GAS DEL 16/03/2016	09/2017	2016-P160023980
66	FATTURA GAS DEL 15/04/2016	09/2017	2016-P160031417
67	FATTURA GAS DEL 06/05/2016	09/2017	2016-EX15066/2016
68	FATTURA GAS DEL 18/05/2016	09/2017	2016-P160041242
69	FATTURA GAS DEL 10/06/2016	09/2017	2016-EX19107/2016
70	FATTURA GAS DEL 04/07/2016	09/2017	2015-EX22893/2016
71	FATTURA GAS DEL 19/07/2016	09/2017	2015-P160053190
72	FATTURA GAS DEL 08/08/2016	09/2017	2015-EX26900/2016
73	FATTURA GAS DEL 05/09/2016	09/2017	2015-EX31010/2016
74	FATTURA GAS DEL 06/10/2016	09/2017	2015-EX33534/2016
75	FATTURA GAS DEL 14/11/2016	09/2017	2015-EX38844/2016
76	FATTURA GAS DEL 12/12/2016	09/2017	2015-EX43773/2016
77	FATTURA GAS DEL 10/01/2017	09/2017	2015-EX03011/2017

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ELABORATI P01	03/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – ELABORATI PAMM	03/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoPamm
04	ALLEGATO B- ANALISI FATTURE DI FORNITURA	03/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
05	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
06	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1570 Grafici_Template_rev13

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

[Allegare il report di indagine termografica (qualora effettuata), redatto secondo quanto disposto dalla norma UNI 9252]

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

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

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

### RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

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

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

### STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

#### MISURE METRICHE

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

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

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

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

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



### Spessivetro

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

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

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



### MISURE ILLUMINOTECNICHE

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

### ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

### RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

#### Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

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

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

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

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

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

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

### RILIEVI TERMOIGROMETRICI

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

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

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

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

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



### MISURE ELETTRICHE

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

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – APE UNITA' IMM. n.1	02/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoInteroEdificioPart132
02	ALLEGATO G – APE UNITA' IMM.n.2	02/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoInteroEdificioPart134
02	ALLEGATO G – APE INTERO EDIFICIO	02/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoInteroEdificio

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoJ-SchedaAudit



## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoK-SchedeOre

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi



## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	03/2018	DE_Lotto.2-E1570_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark



## **ALLEGATO N – CD-ROM**