

Elementare "MONTESIGNANO"

E 470

Via Terpi 50

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



04/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



# Elementare Montesignano

**E470**

**Via Terpi 50**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

03/2018

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)

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064 – [efm@efmnet.com](mailto:efm@efmnet.com)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	19/03/2018	Carlotta Mordini	Luca Grossi Luca Bonanno	Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
01	02/08/2018	Carlotta Mordini	Luca Grossi Luca Bonanno	Stefano Mazzetti	revisione

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>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI.....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<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 .....	14
<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
<b>TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO OPACO.....</b>	<b>16</b>
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.7. ....</b>	<b>22</b>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA.....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA.....	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	25
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>26</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	32
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>36</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	38

6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....</b>	<b>42</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	42
7.1.1	<i>Vettore termico</i> .....	42
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i> .....	45
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI .....	49
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI .....	50
7.4	BASELINE DEI COSTI .....	51
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....</b>	<b>52</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.....	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	52
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI.....</b>	<b>52</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....</b>	<b>53</b>
	<b>EEM3: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI.....</b>	<b>55</b>
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	57
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....</b>	<b>57</b>
	<b>EEM5: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....</b>	<b>59</b>
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	61
	<b>EEM6: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED .....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>63</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	63
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI.....</b>	<b>63</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....</b>	<b>63</b>
	<b>EEM3: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI.....</b>	<b>65</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....</b>	<b>66</b>
	<b>EEM5: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....</b>	<b>67</b>
	<b>EEM6: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE A LED.....</b>	<b>68</b>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	69
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI.....</b>	<b>70</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....</b>	<b>71</b>
	<b>EEM3: COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI.....</b>	<b>72</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....</b>	<b>73</b>
	<b>EEM5: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER .....</b>	<b>74</b>
	<b>EEM6: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED .....</b>	<b>75</b>
	<b>SINTESI.....</b>	<b>76</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	77
9.3.1	<i>Scenario 1: Valvole + LED</i> .....	80
9.3.2	<i>Scenario 2: Generatore di calore + Valvole + Led:</i> .....	86
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>92</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	92
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	92

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	93
ALLEGATO B – ELABORATI.....	93
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....	93
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....	93
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....	93
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....	93
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....	93
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	94
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	94
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	94
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	94
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....	94
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	94
ALLEGATO N – CD-ROM .....	94

## 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		1949
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	760
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	1.850
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.387
Rapporto S/V	[1/m]	0,542
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	760
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	476
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.343
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE IN GHISA
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	116
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	19,2
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	73.121
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.892
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	9.592
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.002

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione Infissi
- EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio
- EEM3: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza
- EEM5: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter
- EEM6: Installazione Impianto di Illuminazione a LED

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

CON INCENTIVI														
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO<sub>2</sub></sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DCS R	LLC R
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni ]	[anni ]	[anni ]	[€]	[%]	[%]		
EEM 1	3,1%	9,5%	389,00 €	159,00 €	14,50€	21.721,00 €	34,4	43,8	30	- 7.042,00€	- 1,00%	-0,32	n/a	n/a
EEM 2	45,2 %	46,5 %	3.568,60 €	220,30 €	13,40 €	100.502,0 0€	13,7	16,8	30	31.860,00 €	5,3%	0,32	n/a	n/a

EEM 3	16,8 %	17,2 %	1.323,50 €	249,00€	8,50 €	34.430,00 €	20,2	25,7	30	3.474,00€	2,8%	0,10	n/a	n/a
EEM 4	12,1 %	12,4 %	954,00€	291,10€	11,30 €	12.376,00 €	9,7	10,9	15	2.817,00€	5,3%	0,23	n/a	n/a
EEM 5	8,2 %	8,4 %	648,40€	237,50 €	13,80€	4.070,00€	4,6	4,9	15	6.119,00€	19,30 %	1,50	n/a	n/a
EEM 6	4,7 %	4,3 %	370,70€	191,50€	26,60€	15.606,00 €	10,2	10,9	8	4.243,00€	-7,5%	-0,27	n/a	n/a
SCN 1	41,6 %	21,4 %	1,687 €	429 €	40,4 €	15.304€	5,5	2,05	15	5.766 €	74,67 %	36,72 %	1,62 4	0,78
SCN 2	52,5 %	29,3 %	2.291,3 €	720,1 €	51,70 €	24.929 €	-	-	25	14.797€	88,37 %	59,36 %	1,68 5	0,75 9

Descrizione Scenari di Intervento Ottimali:

SCN1: VALVOLE E POMPE + LED

SCN2: VALVOLE E POMPE + GENERATORE + LED

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

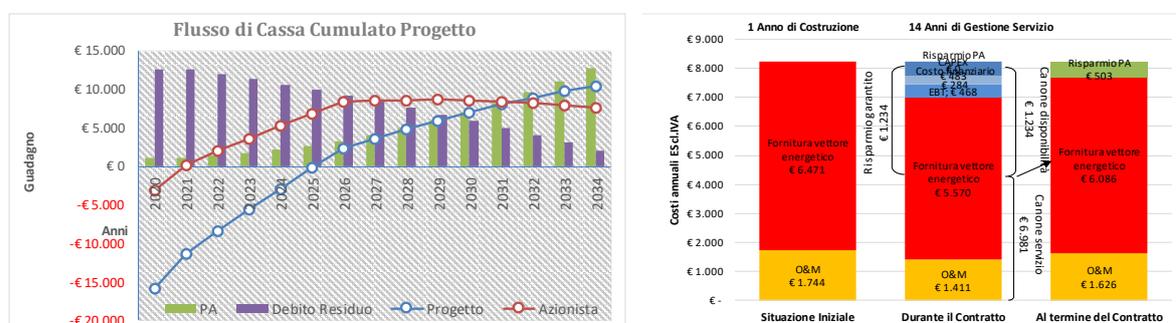
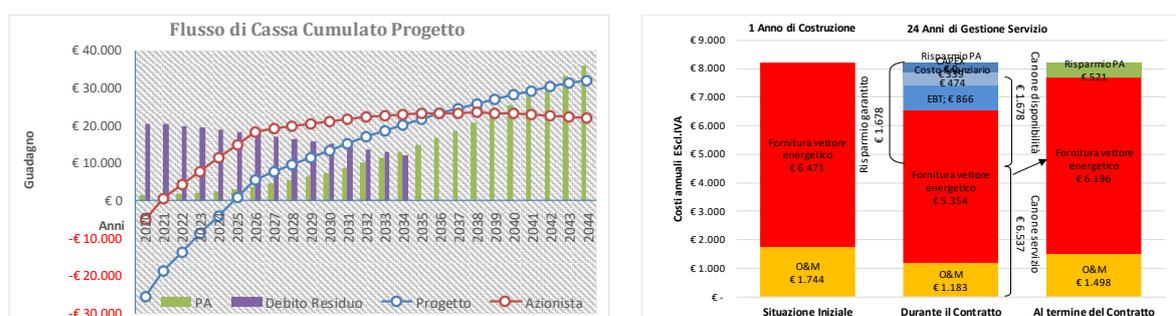


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti hanno riguardato:

1. La sostituzione degli infissi vetusti;
2. la coibentazione a cappotto delle murature e coperture;
3. la realizzazione di controsoffitti per la compartimentazione termica;

4. la sostituzione del generatore di calore;
5. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
6. l'installazione di apparecchi di illuminazione a LED.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi e del generatore andrebbero affiancati sempre all'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari risultano essere remunerativi.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord-Ovest



### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Efm s.p.a., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, 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
Stefano Mazzetti		Sopralluogo in sito
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Luca Bonanno	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Grossi	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sez. STR F. 41 Mapp. 1340 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1949
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	760
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	1.850
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.387
Rapporto S/V	[1/m]	0,542
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	867
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	476
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.343

Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE IN GHISA
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	116
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	19,2
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	73.121
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.892
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	9.592
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.002

Nota (1): Valori di Baseline

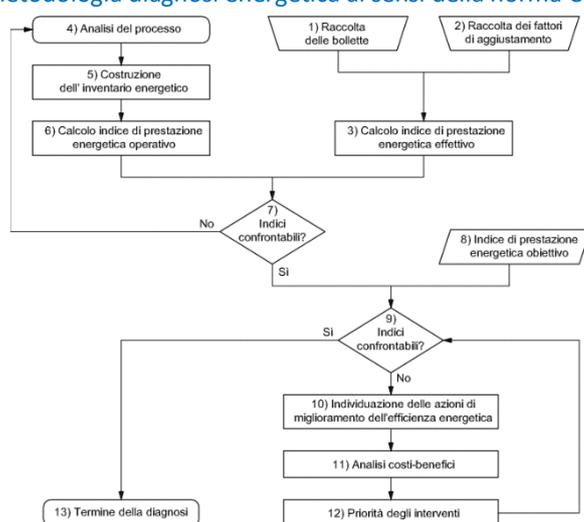
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, AssisAl, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale NAMIRIAL TERMO Versione 4.2 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) N.66 del 15/03/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo di e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

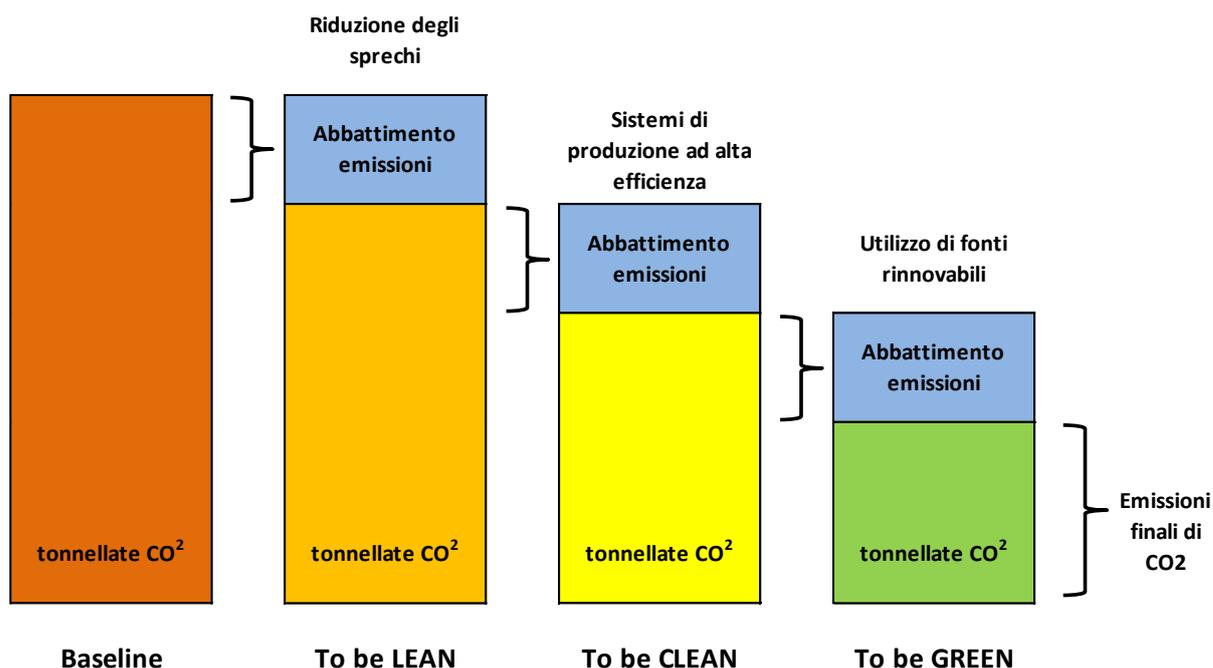
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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



L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da un fabbricato del 1949 costituito da un corpo a forma rettangolare. E' costituito da due piani fuori terra. Al piano terra i locali ospitano: centrale termica, disimpegno, ingresso, biblioteca, aule, laboratorio, palestra, servizi igienici e corridoi. Al piano primo trovano spazio: vano scala, infermeria, refettorio, cucina, aule, laboratorio, servizi igienici e corridoio.



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.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Centrale termica, disimpegno, ingresso, biblioteca, aule, laboratorio, palestra, servizi igienici e corridoi	[m <sup>2</sup> ]	437	380	0
Primo	Vano scala, infermeria, refettorio, cucina, aule, laboratorio, servizi igienici e corridoio	[m <sup>2</sup> ]	430	380	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>867</b>	<b>760</b>	<b>0</b>

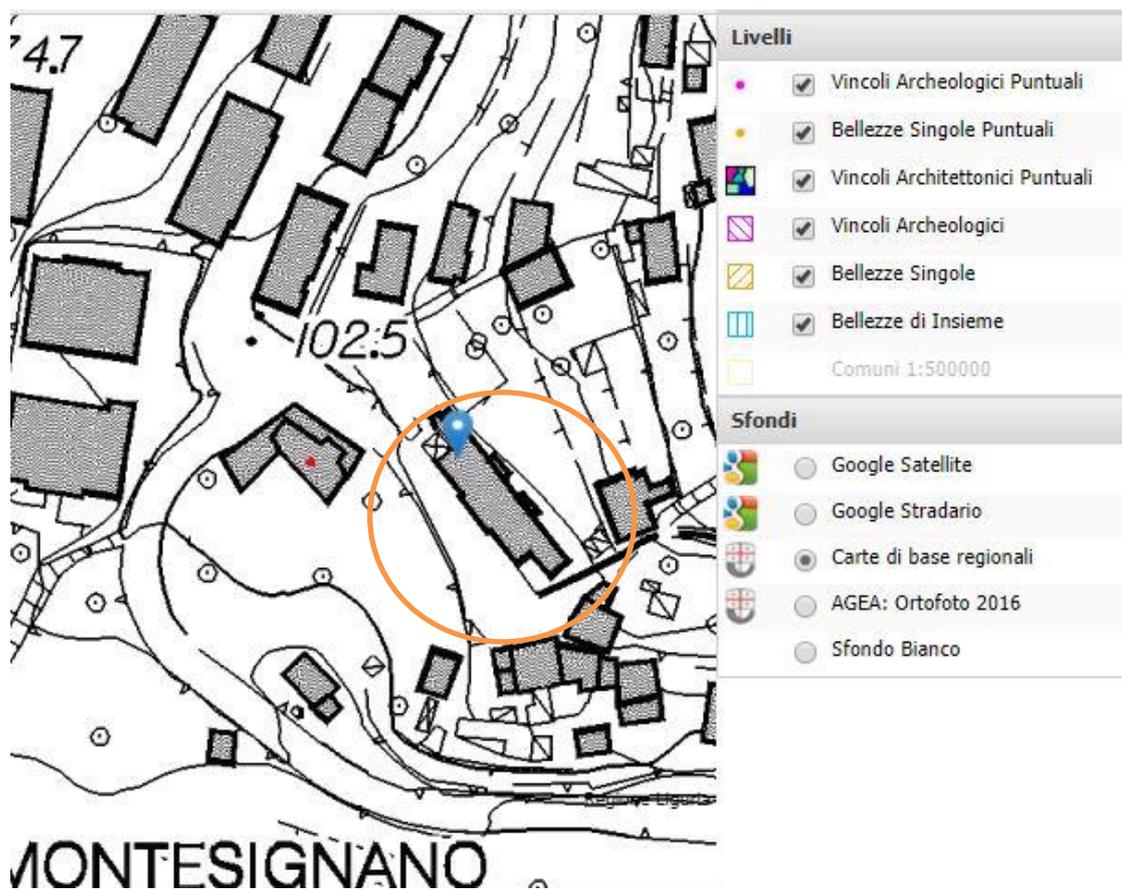
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

Dall'analisi dei vicoli, rilevabili nel sito della regione Liguria, l'edificio in esame non presenta vincoli architettonici, paesaggistici o archeologici.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione Infissi Esterni	-		-
EEM 2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio	-		-
EEM 3: Compartimentazione Termica- Installazione di Controsoffitti	-		-
EEM 4: Sostituzione Generatore di Calore con altro ad Alta Efficienza	-		-
EEM 5: Installazione Valvole Termostatiche e Pompe Inverter	-		-
EEM 6: Installazione Impianto Illuminazione Led	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

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

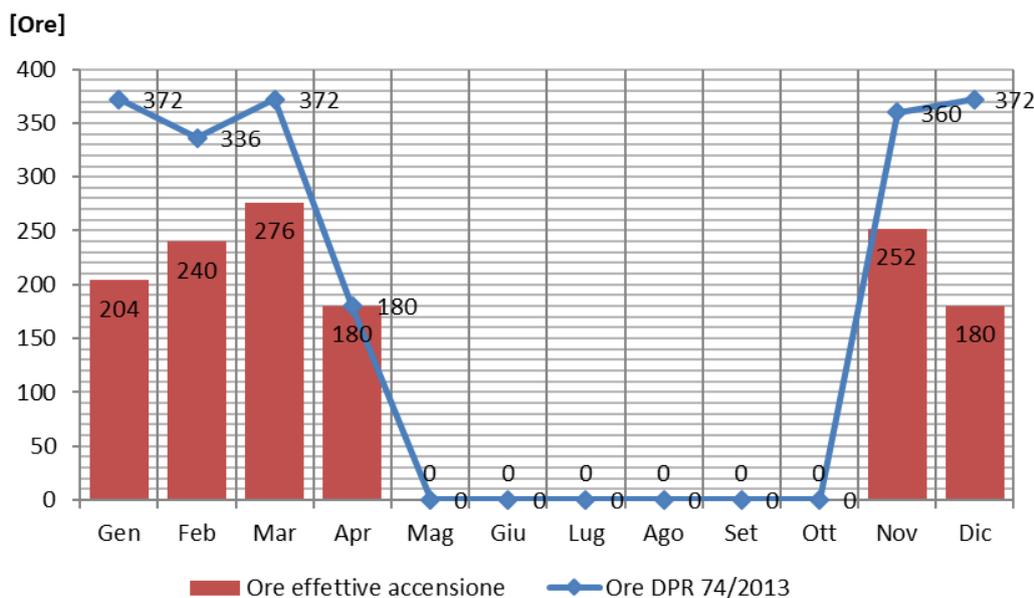
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio ed i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati durante il sopralluogo attraverso lettura di appositi cartelli affissi e richiesta al personale presente.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	7.00 – 16.00	6.30 – 18.00
	Sabato e domenica	CHIUSO	SPENTO
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Tutti i giorni	7.00 – 16.00	SPENTO

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 e/o utenti all'interno della struttura.

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 921 GG calcolati su 108 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 3.2.

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	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	12	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>208</b>	<b>108</b>	<b>921</b>	<b>100%</b>

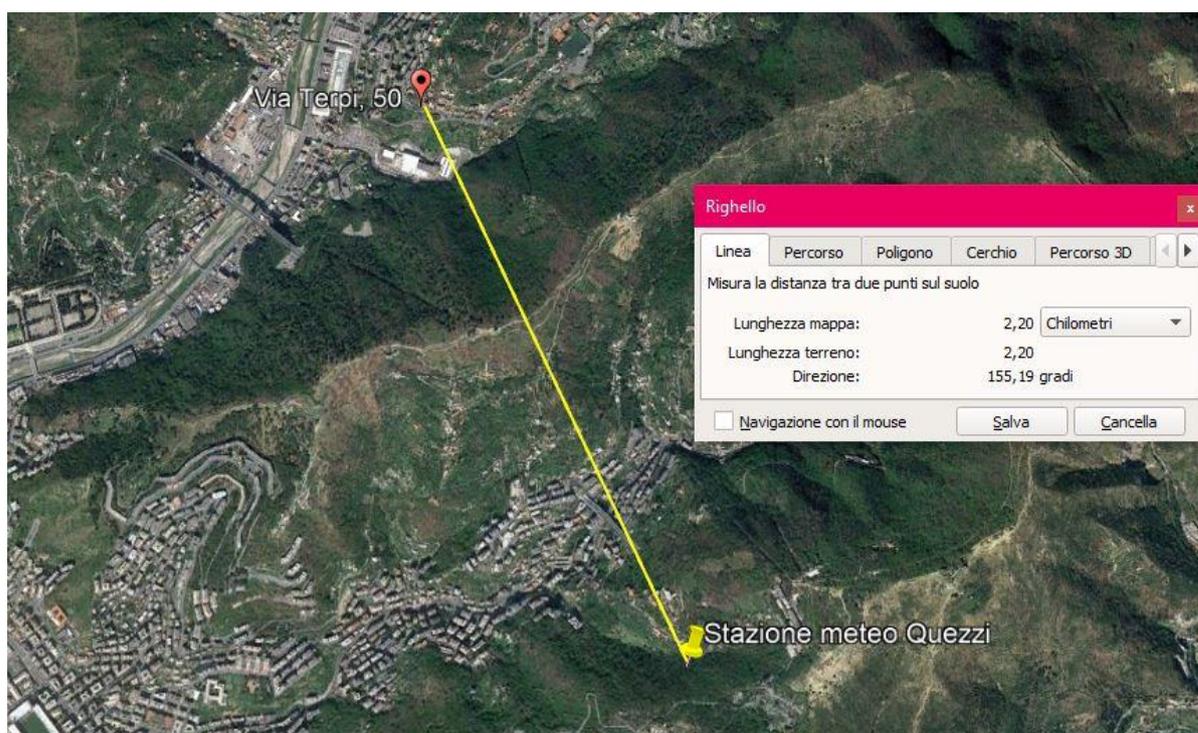
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova - Quezzi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE (circa 3 km in linea d'aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell'aria e umidità relativa).

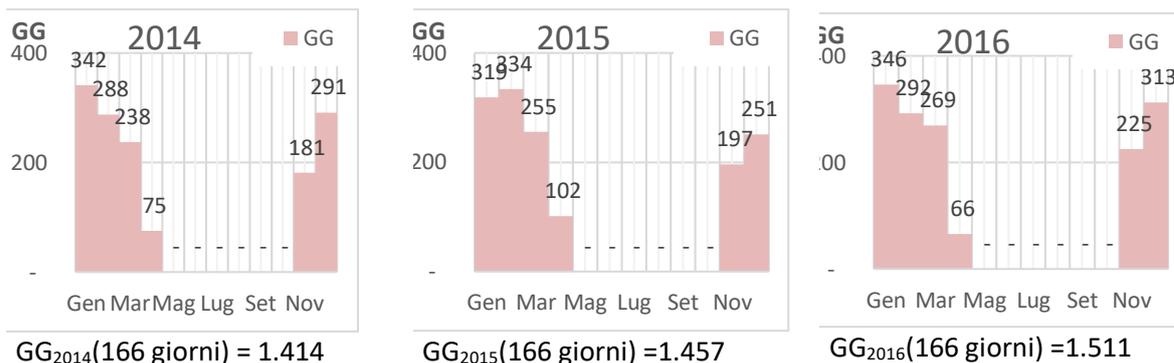
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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

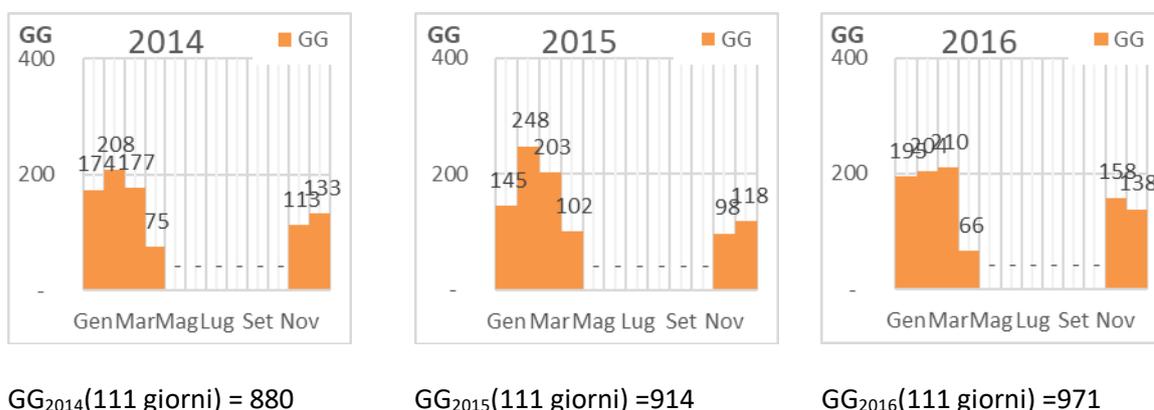


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 108 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 per il triennio di riferimento



## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico corpo di fabbrica caratterizzato da murature presumibilmente realizzate con un paramento in laterizio debitamente intonacato sia al piano terra che al piano primo.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio: nei piani terra e primo l'involucro murario ha un'inerzia termica e quindi un comportamento termico discreto.

Figura 4.1 - Particolare dell'involucro murario al piano terra



Figura 4.2 - Particolari della facciata



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir modello E8, nel periodo invernale e in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del corridoio del piano primo.



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m <sup>2</sup> K]	
Copertura	COP1	35	Non presente	1,623	Buono
Muratura esterna	M1	45	Non presente	1,005	Buono
Muratura esterna	M2	25	Non presente	1,940	Buono
Solaio contro terra	BAS 1	35	Non presente	1,396	Buono

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di diversa tipologia: alcuni sono stati sostituiti e realizzati in metallo con taglio termico e altri sono ancora vecchi in metallo senza taglio termico. I serramenti si presentano in buono stato benché quelli più vecchi possano dar luogo a maggiori dispersioni termiche con conseguenza sul comfort termico delle aree in cui insistono.

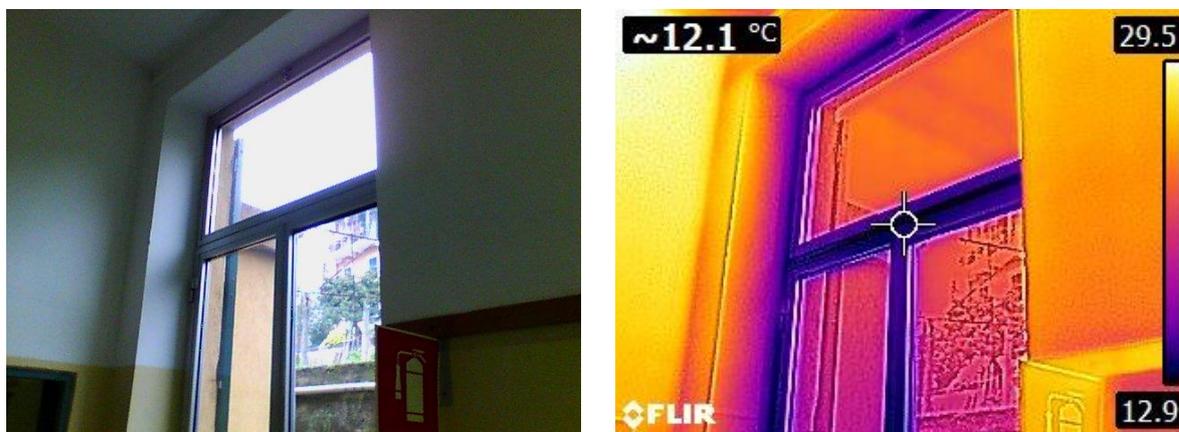
Figura 4.4 - Particolare dei serramenti I Piano



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir modello E8, nel periodo invernale e in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti del corridoio del primo piano.



Dalle analisi effettuate e dalla modellazione termica 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 [LxH] [m]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento	F1	1,20x2,60	METALLO	Vetro DOPPIO	4,517	Buono
Serramento	F2	1,20x2,60	METALLO TAGLIO TERMICO	Vetro DOPPIO	1,960	Sufficiente
Serramento	F3	1,00x2,60	METALLO TAGLIO TERMICO	Vetro DOPPIO	2,012	Buono

Serramento	F4	0,70x2,60	METALLO	Vetro DOPPIO	4,486	Sufficiente
Serramento	F5	1,00x1,80	METALLO TAGLIO TERMICO	Vetro DOPPIO	2,056	Buono
Porta finestra	PF6	1,20x2,60	METALLO TAGLIO TERMICO	Vetro DOPPIO	2,069	Buono

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

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

L'impianto è ubicato nella Centrale termica dove è presente una caldaia a basamento piuttosto vecchia del tipo a bruciatore atmosferico.

Presente partenza singola con due pompe singole che lavorano come fossero una gemellare (tra due collettori). Dalla partenza singola si staccano due derivazioni.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa
- Radiatori in metallo

Figura 4.6 – Particolare dei radiatori in ghisa



Figura 4.7 - Particolare dei radiatori in metallo



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
ZONA TERMICA PRINCIPALE	Radiatori	96%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Parete	16	0,69 – 1,92	20,4	0	0
Primo	Parete	15	0,54 – 1,55	19,07	0	0
<b>TOTALE</b>		<b>31</b>		<b>39,47</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Le potenze dei terminali di emissione sono state ricavate dai dati forniti dalla PA, confrontati in sede di sopralluogo in maniera visiva secondo stime sulla tipologia di radiatore, la dimensione e il numero di elementi.

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

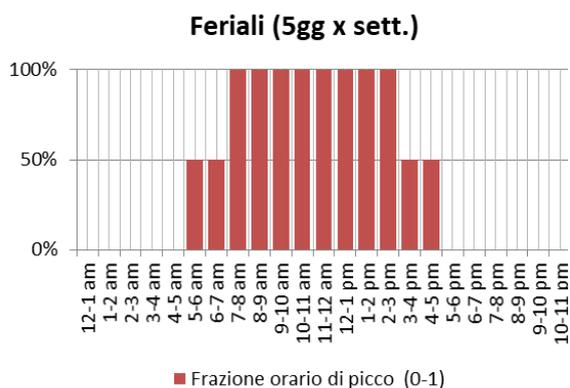
#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C.

È presente inoltre un termostato ambiente nella zona del Piano Terra.

Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica generale



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

### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Centrale termica con caldaia a basamento piuttosto vecchia del tipo a bruciatore atmosferico.
- 2) Partenza singola con due pompe singole che lavorano come fossero una gemellare con funzionamento alternato (tra due collettori) dalla partenza singola si staccano due derivazioni.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

SERVIZIO	N.	MARCA / MODELLO	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup>
			[kW]
Circuito primario riscaldamento	1	WILO S40/90Y	0,575
Circuito primario riscaldamento	1	WILO S40/7	0,200
<b>TOTALE</b>			<b>0,775</b>

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(1)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
CIRCUITO PRINCIPALE RISCALDAMENTO	Mandata	Caldo	68 <sup>(1)</sup>	70 <sup>(2)</sup>
	Ritorno	Caldo	57 <sup>(1)</sup>	55 <sup>(2)</sup>

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

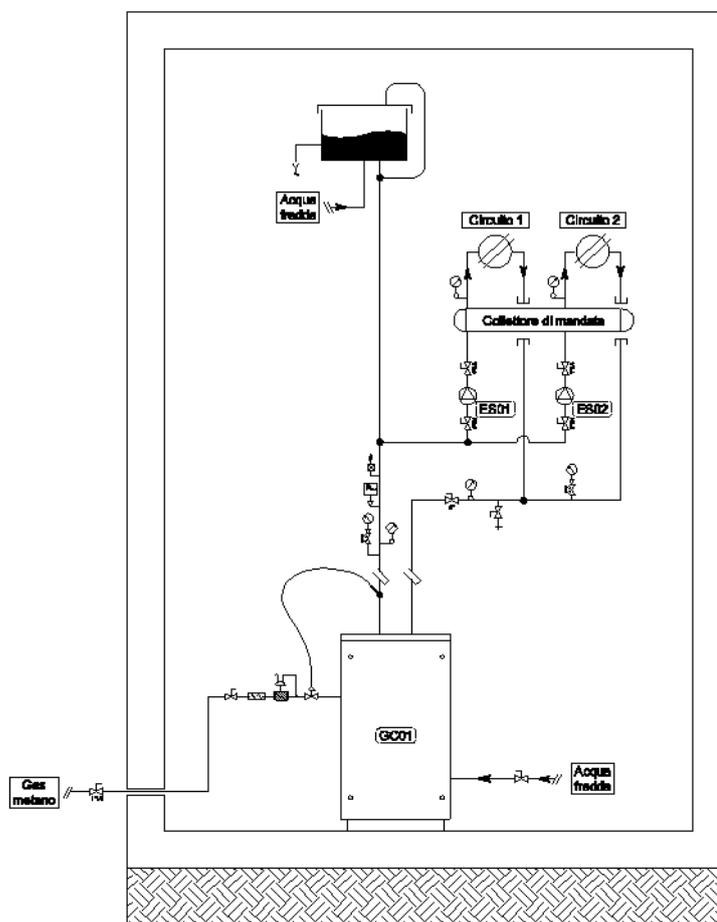
Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un sufficiente riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.9 – Indagini diagnostiche circuito di MANDATA



Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 198-P00-020-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89.6%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 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 centrale termica con una caldaia a basamento "FERROLI / RENDIMAX L99".

Figura 4.11 - Particolare di caldaia a basamento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	
Gen 1	Riscaldamento	FERROLI	RENDIMAX L99	-	120	116	88%

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 88%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2.

Tale valore del rendimento è stato confrontato con i valori riportati sul Libretto di Impianto relativi ai risultati della prova fumi i cui valori risultano leggermente superiori (media 90,6%).

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 boiler elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici.

Figura 4.12 - 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 4.8.

Tabella 4.8 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	99%	na	95%	75%(*)	na

(\*) Rendimento calcolato come rapporto tra potenza termica erogata su potenza elettrica assorbita.

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

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

La climatizzazione per il regime estivo non è presente.

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

Non è presente un impianto per la ventilazione meccanica.

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

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate e sono riportate nella Tabella 4.9

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Zona 1	PC	22	250	5500	40260
Zona 1	Frigorifero	2	1000	2000	16080
Zona 1	Proiettore	2	150	300	2440
Zona 1	Stampanti	2	500	1000	1830
Zona 1	Fotocopiatrice	2	1500	3000	2010

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'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Zona 1	Fluorescente	14	36	504
Zona 1	Fluorescente	18	18	324
Zona 1	Fluorescente	68	72	4896

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade neon di diverse tipologie e taglie.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto



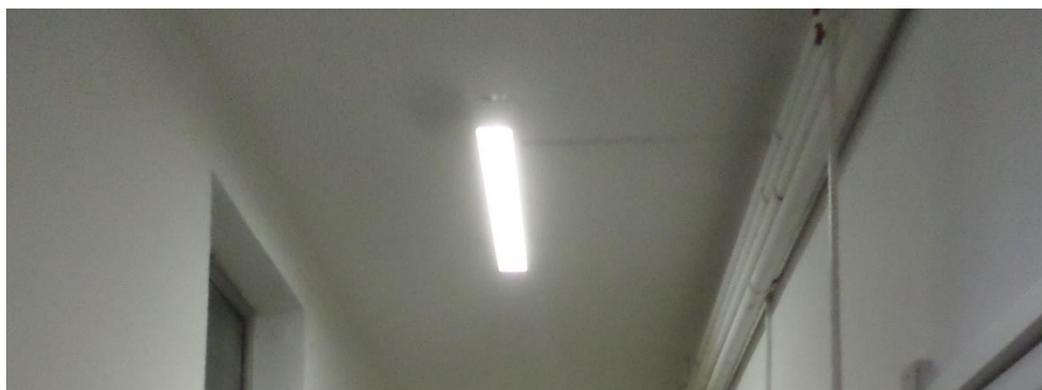
L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Zona 1	Fluorescente	14	36	504
Zona 1	Fluorescente	18	18	324
Zona 1	Fluorescente	68	72	4896

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

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti installati a soffitto



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

Non è presente un impianto Fotovoltaico.

## 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 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

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

- N. 1 - PDR 3270001983547: a servizio della Centrale termica per il riscaldamento.

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 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270001983547	Riscaldamento	7.619	7.653	8.013	71.771	72.087	75.482

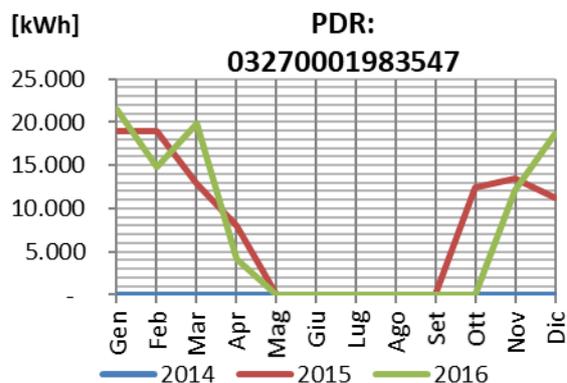
Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è potuto provvedere alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento, anche se la documentazione sulle fatture in nostro possesso risulta incompleta. I consumi fatturati dalla società di fornitura 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: 03270001983547	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	Fattura mancante	2.008	2.275	Fattura mancante	18.915	21.431
Feb	Fattura mancante	2.008	1.565	Fattura mancante	18.915	14.742
Mar	Fattura mancante	1.364	2.106	Fattura mancante	12.849	19.839
Apr	Fattura mancante	843	431	Fattura mancante	7.941	4.060
Mag	Fattura mancante	-	-	Fattura mancante	-	-
Giu	Fattura mancante	-	-	Fattura mancante	-	-
Lug	Fattura mancante	-	-	Fattura mancante	-	-
Ago	Fattura mancante	-	-	Fattura mancante	-	-
Set	Fattura mancante	-	-	Fattura mancante	-	-
Ott	Fattura mancante	1.312	-	Fattura mancante	12.356	-
Nov	Fattura mancante	1.430	1.288	Fattura mancante	13.471	12.133
Dic	Fattura mancante	1.194	1.974	Fattura mancante	11.247	18.595
Totale	8.517	10.159	9.639	-	95.695	90.799

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che i dati non sono sufficienti a coprire tre annualità complete, ed è possibile effettuare un'analisi degli stessi ed un confronto con i dati forniti dal distributore solo per l'anno 2016. Per questo anno solare il prelievo termico è caratterizzato da un valore minimo pari a zero kWh, e un valore di massimo prelievo di 2.275 kWh.

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 non sono presenti e non concorrono in maniera significativa 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	Ggreali su 108 giorni reali di occupazione	GGRif	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione $\alpha_{rif}$	Consumo normalizzato a 921 GG [kWh]
2014	880	921	7.619	9,94	1,0549	9,42	71.792	81,6	75.185
2015	914	921	7.653	9,94	1,0549	9,42	72.112	78,9	72.718
2016	971	921	8.013	9,94	1,0549	9,42	75.504	77,7	71.631
<b>Media</b>	<b>922</b>	<b>921</b>	<b>7.762</b>				<b>73.136</b>	<b>79,4</b>	<b>73.121</b>

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è piuttosto variabile: tale variabilità non va imputata alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto alla variabilità del livello di servizio all'interno degli ambienti.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
$\bar{Q}_{ACS}$	0
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	73.121
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>73.121</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

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

- Primo Piano – Aule didattiche e palestra
- Secondo Piano – Aule didattiche e refettorio

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097372	NR	9.080 (*)	8.462	11.233	9.592
<b>TOTALE</b>		9.080 (*)	8.462	11.233	EEbaseline 9.592

Nota (\*) A causa della mancanza di diverse fatture, alcuni consumi mancanti dell'anno 2014 sono stati ricavati mediante riproporzionamento dei consumi del mese corrispondente nell'anno precedente.

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-EXXXX) ed è emerso un leggero scostamento dei consumi rilevati dalle fatture rispetto a quanto elaborato nel suddetto file, in particolare per l'anno 2015:

ANNI	2014	2015	2016	MEDIA
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
<b>VALORI TOTALI da kyotoBaseline-EXXXX</b>	<b>9.419</b>	<b>10.735</b>	<b>11.969</b>	EEbaseline <b>10.708</b>

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 9.592 kWh.

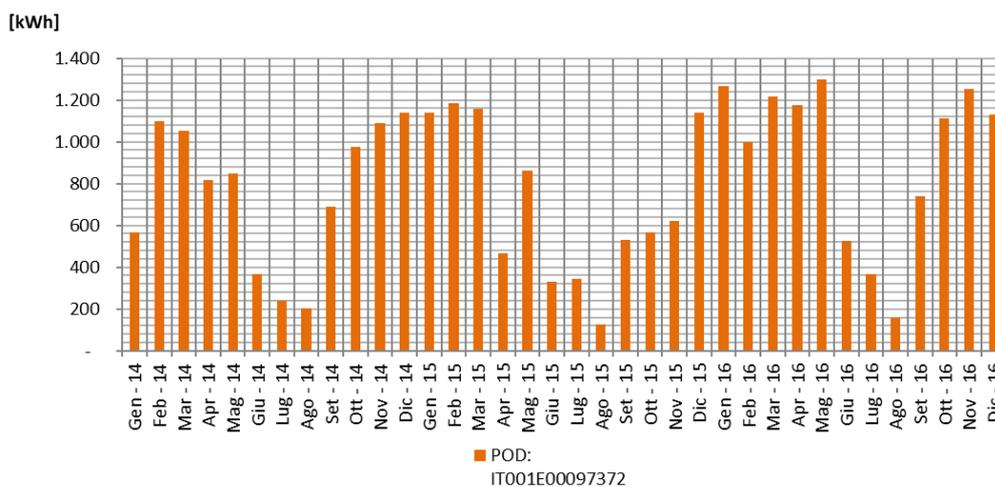
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097372	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
<b>Anno 2014</b>				
Gen - 14	185	133	250	568
Feb - 14	876	117	105	1.098
Mar - 14	810	120	124	1.054
Apr - 14	589	103	124	816
Mag - 14	556	116	174	846
Giu - 14	225	56	86	367
Lug - 14	103	52	83	238
Ago - 14	60	49	93	202

Set - 14	478	107	106	691
Ott - 14	720	135	119	974
Nov - 14	808	133	147	1.088
Dic - 14	782	153	203	1.138
<b>Totale</b>	<b>6.192</b>	<b>1.274</b>	<b>1.614</b>	<b>9.080</b>
<b>POD: IT001E00097372</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2015</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen - 15	821	143	176	1.140
Feb - 15	909	139	137	1.185
Mar - 15	849	147	163	1.159
Apr - 15	333	58	75	466
Mag - 15	529	140	191	860
Giu - 15	166	60	104	330
Lug - 15	172	63	108	343
Ago - 15	41	28	57	126
Set - 15	316	84	128	528
Ott - 15	356	89	123	568
Nov - 15	404	97	118	619
Dic - 15	782	153	203	1.138
<b>Totale</b>	<b>5.678</b>	<b>1.201</b>	<b>1.583</b>	<b>8.462</b>
<b>POD: IT001E00097372</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen - 16	873	190	203	1.266
Feb - 16	712	139	146	997
Mar - 16	803	186	227	1.216
Apr - 16	706	172	295	1.173
Mag - 16	875	169	252	1.296
Giu - 16	264	90	172	526
Lug - 16	125	88	154	367
Ago - 16	52	37	70	159
Set - 16	470	130	140	738
Ott - 16	746	182	185	1.113
Nov - 16	894	181	177	1.252
Dic - 16	780	152	198	1.130
<b>Totale</b>	<b>7.298</b>	<b>1.716</b>	<b>2.219</b>	<b>11.233</b>

Considerando la presenza di più POD a servizio dell'edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di 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.

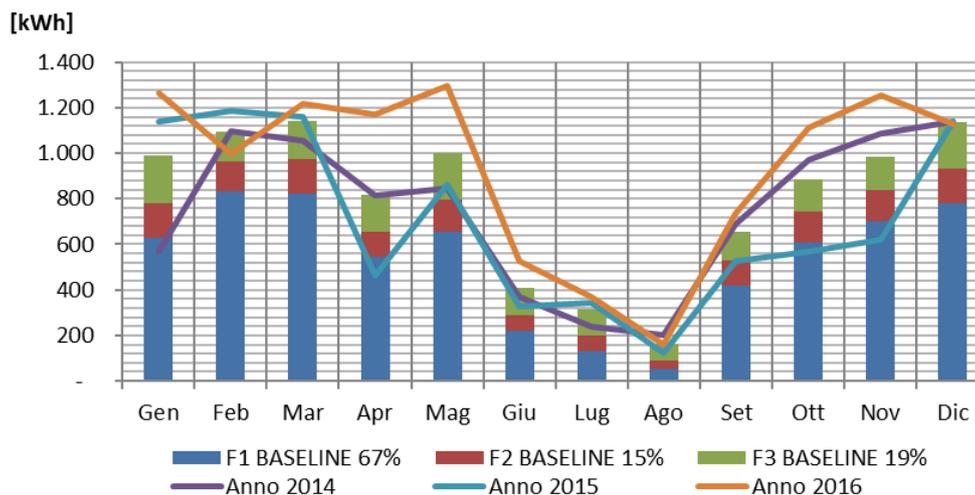
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	626	155	210	991
Feb	832	132	129	1.093
Mar	821	151	171	1.143
Apr	543	111	165	818
Mag	653	142	206	1.001
Giu	218	69	121	408
Lug	133	68	115	316
Ago	51	38	73	162
Set	421	107	125	652
Ott	607	135	142	885
Nov	702	137	147	986
Dic	781	153	201	1.135
<b>Totale</b>	<b>6.389</b>	<b>1.397</b>	<b>1.805</b>	<b>9.592</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 e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti poco costanti nel corso dei tre anni.

Si nota la presenza di un consumo di base anche nei mesi estivi, dovuto in parte agli oneri di consumo fissi in parte alla presenza di personale addetto all'amministrazione all'interno della scuola anche nei mesi estivi.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici in quanto l'utenza non è monitorata dalla società di distribuzione.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

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

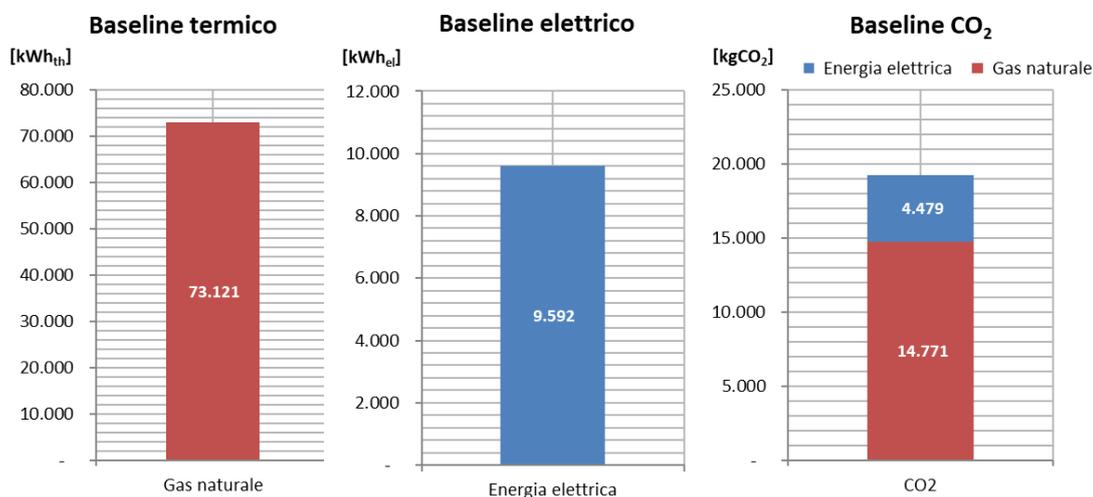
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

\* 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 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO <sub>2</sub>
	[kWh]	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[kgCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	73.121	0,202	14.771
Energia elettrica	9.592	0,467	4.479
<b>TOTALE</b>			<b>19.250</b>

 Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.


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

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

COMBUSTIBILE	F <sub>P,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 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	760	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	760	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3.387	m <sup>3</sup>

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

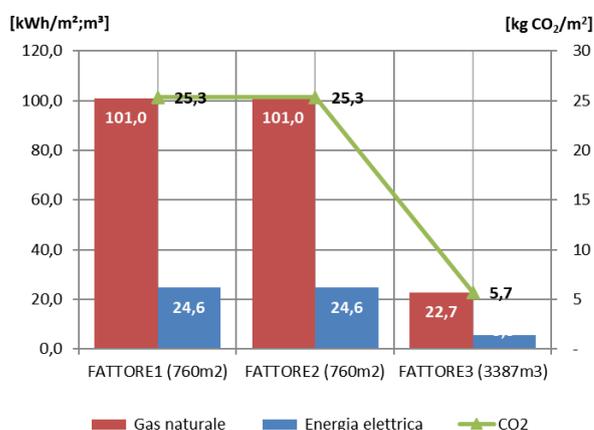
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARI	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

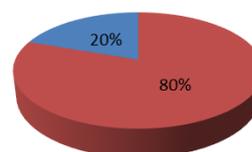
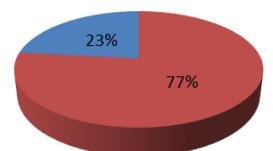
	A TOTALE						[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]			
Gas naturale	73.121	1,05	76.777	101,0	101,0	22,7	19,43	19,43	4,36
Energia elettrica	9.592	2,42	23.212	30,5	30,5	6,9	5,89	5,89	1,32
<b>TOTALE</b>			<b>99.989</b>	<b>132</b>	<b>132</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>6</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA A 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	73.121	1,05	76.777	101,0	101,0	22,7	19,43	19,43	4,36
Energia elettrica	9.592	1,95	18.704	24,6	24,6	5,5	5,89	5,89	1,32
<b>TOTALE</b>			<b>95.481</b>	<b>126</b>	<b>126</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>6</b>

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria

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

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

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

- Fattore di forma dell'edificio, 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 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	24,9	28,4	25,2	NA	NA	NA
Energia elettrica	NA	NA	NA	20,3	18,9	25,1

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per tutti gli indici riferiti sia ai consumi termici che ai consumi elettrici una prestazione insufficiente.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	191,94	179,99
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	145,16	142,36
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,46	0,37
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	46,32	37,26
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	36,68	36,68

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	10.023	-
Energia Elettrica	-	19.200

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto del 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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (\*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor

### 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 i profili realistici di utilizzo e fruizione dell'edificio e i dati climatici medi delle annualità analizzate (2014-2015 e 2016).

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	$EP_{g, nren}$	kWh/mq anno	161,62	151
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	119,1	116,8
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,5	0,4

Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	42,02	33,8
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	30,8	30,8

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	8.223	-
Energia Elettrica	-	17.417

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

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

Q <sub>teorico</sub>	Q <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
74.874	73.121	2%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (EE<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico (EE<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

EE <sub>teorico</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
9.452	9.592	1%

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

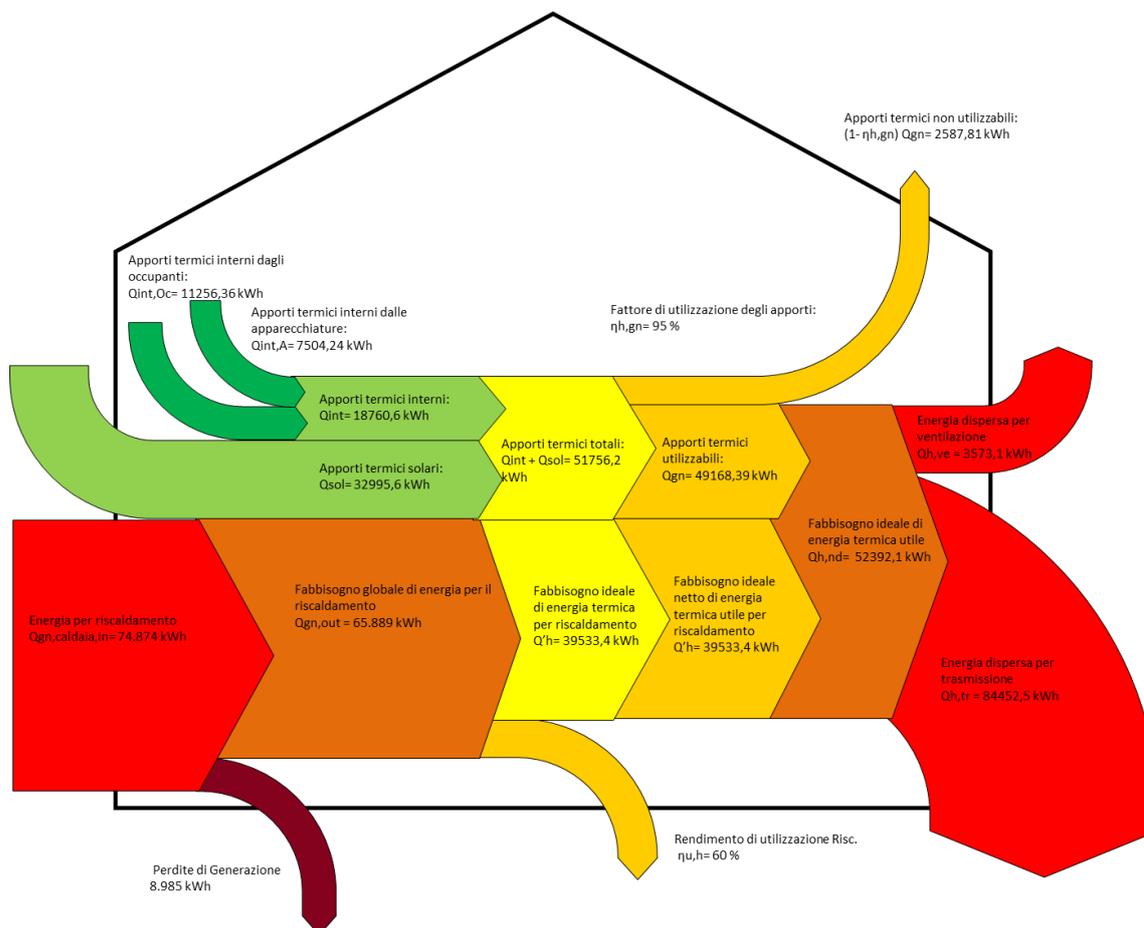
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

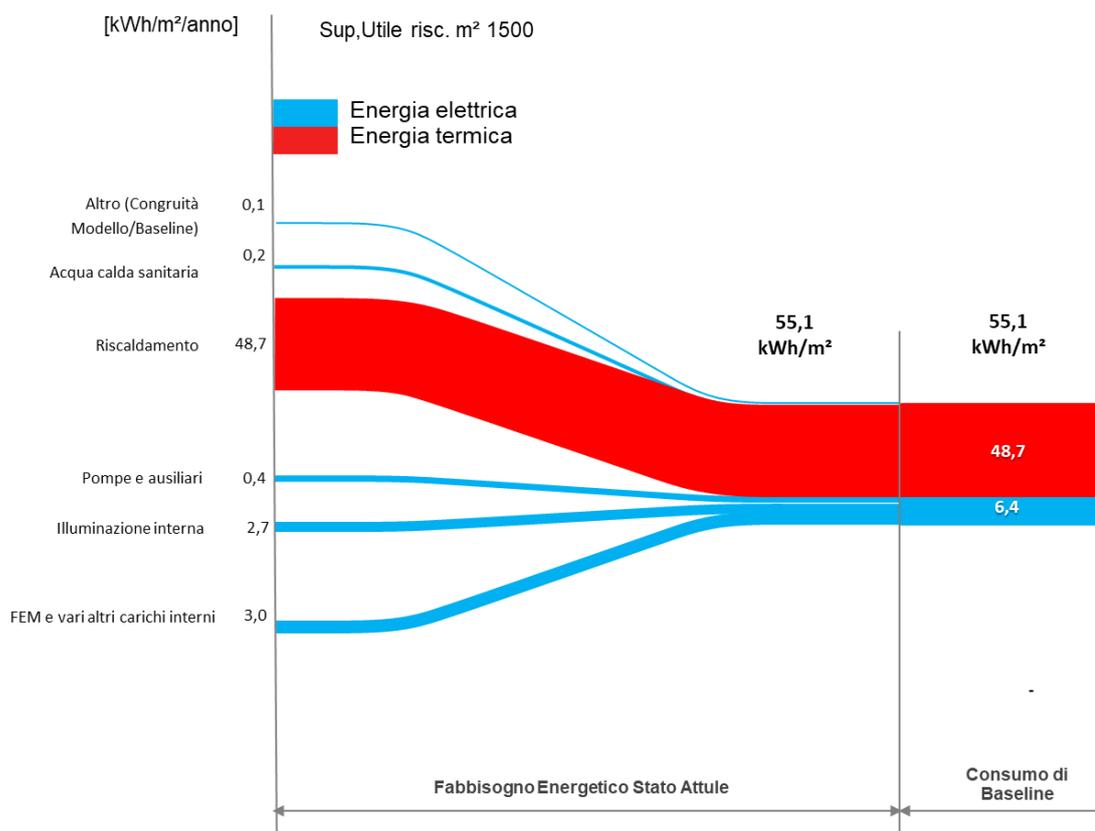
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione, dovute alla caldaia obsoleta, non sono trascurabili e contribuiscono alla dispersione energetica dell'edificio. Si osserva inoltre che la quota di energia dispersa per trasmissione è molto superiore a quella dispersa per ventilazione, vista la scarsa capacità di isolamento dell'involucro.

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

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



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

Il contributo definito come “Altro – Congruità” è valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline. Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

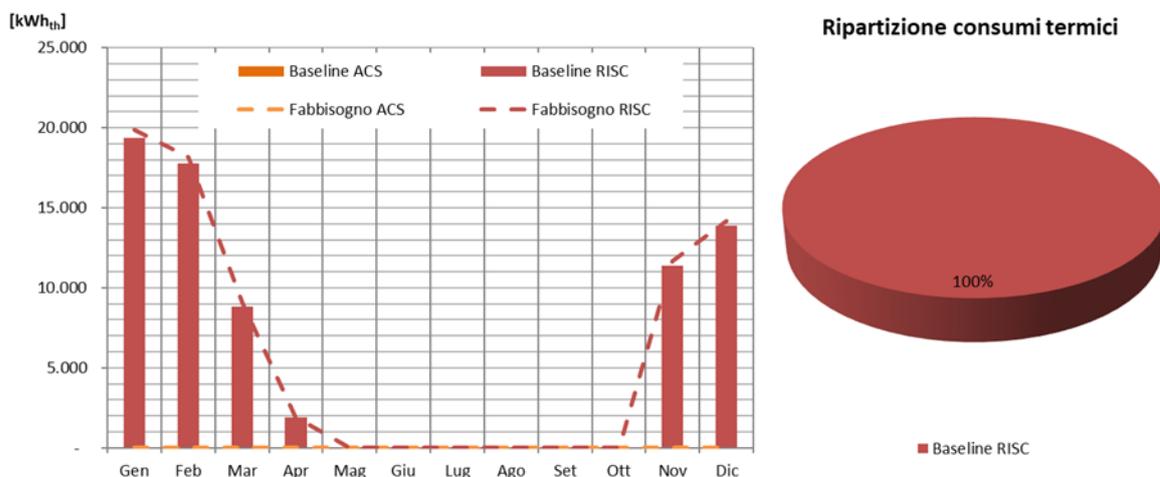
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



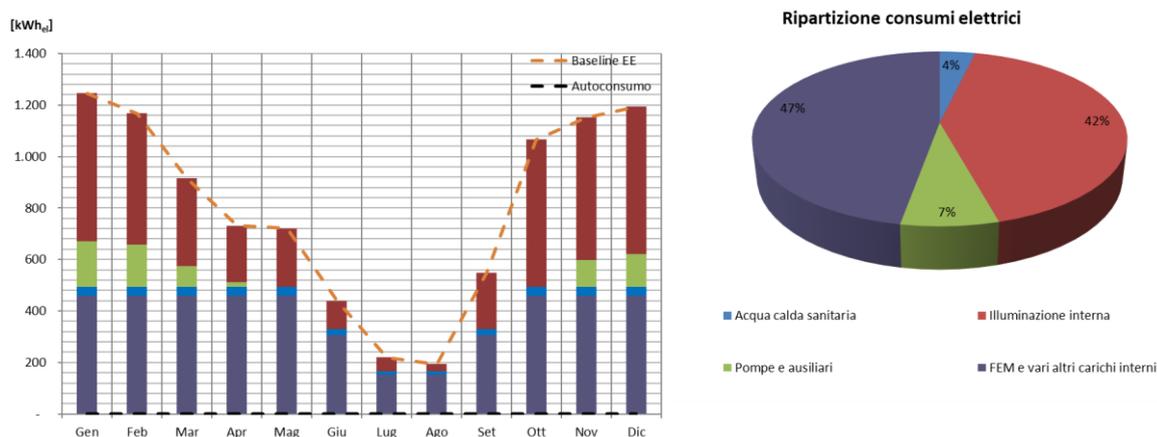
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti, pertanto gli interventi migliorativi proposti dal punto di vista elettrico, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

## 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 – 03270001983547: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 03270001983547	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura					
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Iren	Iren	Eni	Eni	Energetic
Inizio periodo fornitura	31/03/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	30/06/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Classe del contatore	nd	nd	Classe G0010	Classe G10	Senza correttore
Tipologia di contratto	nd	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	nd	nd	OP1208	OP1208	nd
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	nd	1,02	1,00	1,00
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	nd	nd	38,190	38,190	38,972
Prezzi di fornitura del combustibile (**) (IVA INCLUSA)	nd	nd	0,27 €/Smc	0,25 €/Smc	0,19 €/Smc

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

(\*\*): 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 l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia (solo un PDR).

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

PDR: 03270001983547	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]
Gen - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
<b>Totale</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>#DIV/0!</b>
PDR: 03270001983547	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]
Gen - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	18.915	-
Feb - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	18.915	-
Mar - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	12.849	-
Apr - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	7.941	-
Mag - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	24	-	-
Ago - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	24	-	-
Set - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 15	371		15	208		595	12.356	0,048
Nov - 15	643	94	122		173	1.032	13.471	0,077
Dic - 15	851	24	384	625		1.884	11.247	0,168
<b>Totale</b>	<b>1.913</b>	<b>118</b>	<b>521</b>	<b>833</b>	<b>173</b>	<b>3.558</b>	<b>95.695</b>	<b>0,037</b>
PDR: 03270001983547	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]
Gen - 16	544	28	184		0	756	21.431	0,035
Feb - 16	484	28	130		105	747	14.742	0,051

Mar - 16	351	28	260	-	639	19.839	0,032	
Apr - 16	85	27	41	80	11	245	4.060	0,060
Mag - 16	Fattura mancante	-	-	-				
Giu - 16	Fattura mancante	27	-	-				
Lug - 16	Fattura mancante	27	-	-				
Ago - 16	Fattura mancante	27	-	-				
Set - 16	Fattura mancante	-	-	-				
Ott - 16	Fattura mancante	-	-	-				
Nov - 16	408	27	148	322	45	951	12.133	0,078
Dic - 16	4.862	266	200	133	1.201	6.663	18.595	0,358
<b>Totale</b>	<b>6.735</b>	<b>484</b>	<b>964</b>	<b>536</b>	<b>1.363</b>	<b>10.081</b>	<b>90.799</b>	<b>0,111</b>

Per la fornitura di gas metano (principale) gestita tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

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 dall'AEEGSI.

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

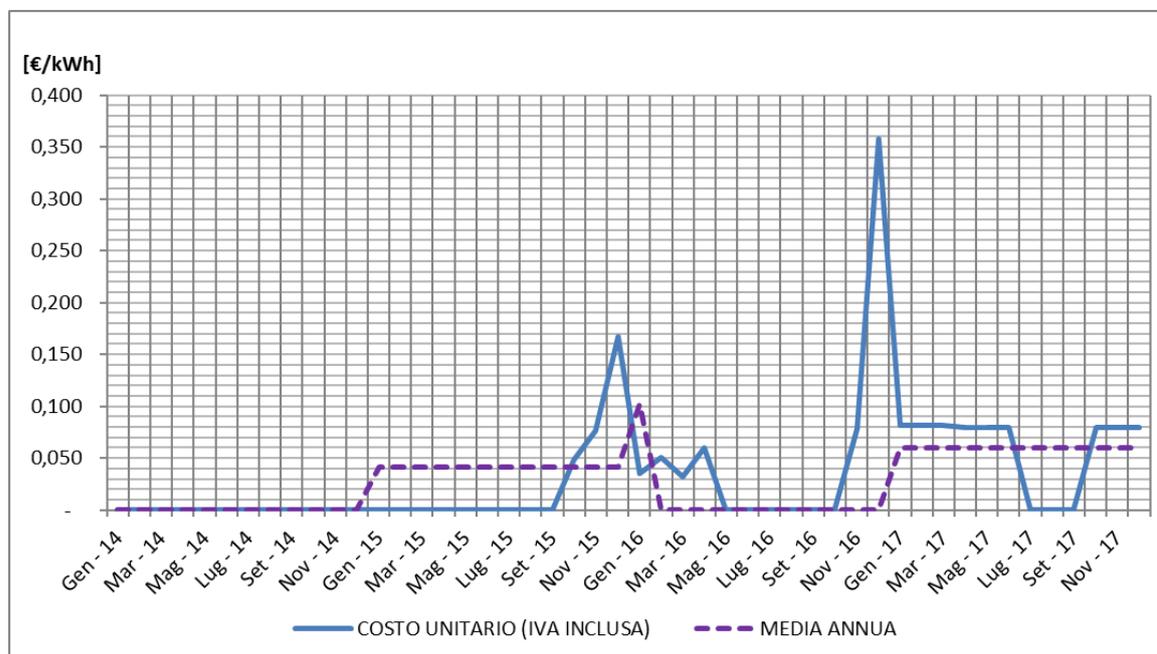
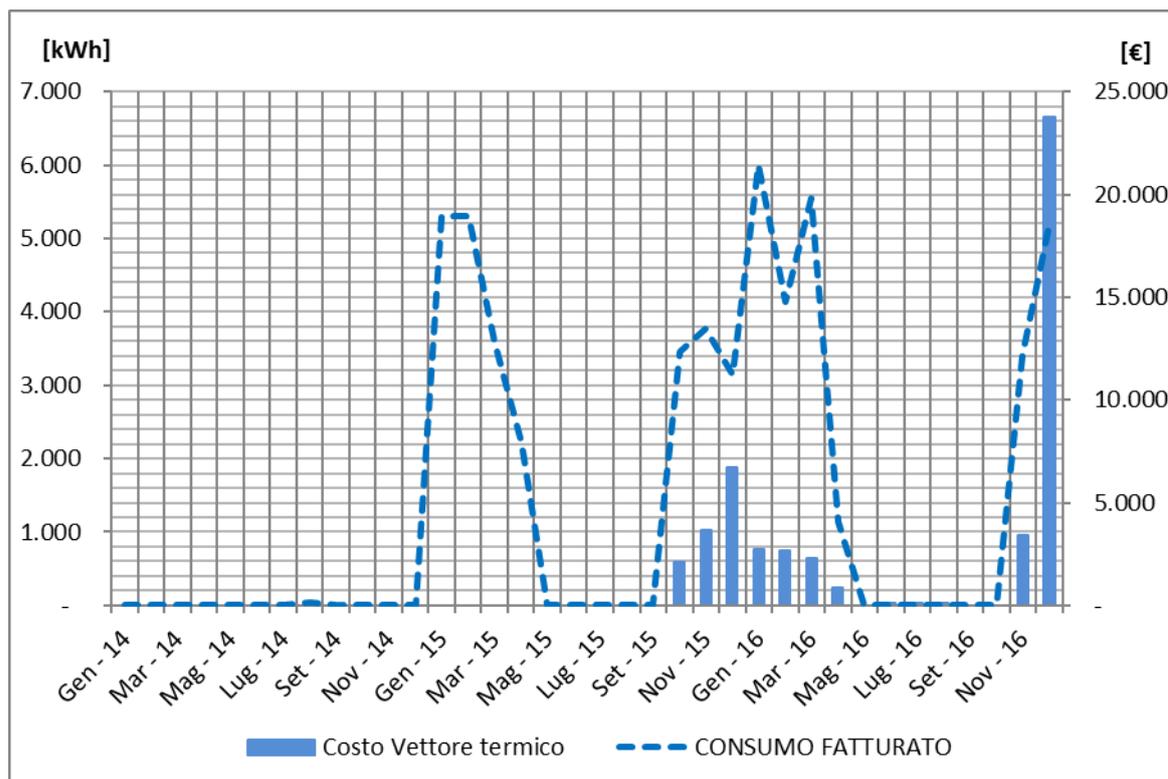


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'analisi sull'andamento dei costi non è sufficientemente accurata a causa della mancanza di gran parte delle fatture

### 7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00097372: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00097372	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura					
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison	Gala	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW
Potenza elettrica disponibile	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza altri usi	Utenza altri usi	Altri usi
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP EE12 – Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica	0,218	0,290	0,290	0,489	0,489

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'amministrazione aderisce alle tariffe del mercato libero.

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: IT001E00097372	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	41	12	77	7	14	150	568	0,264
Feb - 14	88	12	122	14	24	259	1.098	0,236
Mar - 14	83	12	118	13	23	250	1.054	0,237
Apr - 14	64	12	104	10	19	209	816	0,256
Mag - 14	65	12	106	11	20	213	846	0,252
Giu - 14	28	12	50	5	10	104	367	0,283
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	238	-
Ago - 14	14	12	48	3	8	84	202	0,417
Set - 14	53	12	100	9	17	191	691	0,276
Ott - 14	76	12	129	12	22	251	974	0,257
Nov - 14	83	12	126	14		24	1.088	0,022
Dic - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
<b>Totale</b>	<b>595</b>	<b>120</b>	<b>978</b>	<b>96</b>	<b>157</b>	<b>1.735</b>	<b>7.942</b>	<b>0,218</b>
POD: IT001E00097372	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	82	12	128	14		236	1.140	0,207
Feb - 15	82	12	128	15		237	1.185	0,200
Mar - 15	77	12	122	14	25	250	1.159	0,216
Apr - 15	55	15	39	6		6	466	0,013
Mag - 15	62	15	50	7		134	860	0,156
Giu - 15	61	15	50	8		133	330	0,404
Lug - 15	54	15	43	6		118	343	0,344
Ago - 15	139	29	178	24		370	126	2,936
Set - 15	77	15	52	7		151	528	0,285
Ott - 15	77	31	147	30		285	568	0,503
Nov - 15	84	31	55	8		178	619	0,287
Dic - 15	177	65	101	14		358	1.138	0,314
<b>Totale</b>	<b>1.027</b>	<b>266</b>	<b>1.093</b>	<b>153</b>	<b>25</b>	<b>2.455</b>	<b>8.462</b>	<b>0,290</b>

POD: IT001E00097372	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	108	31	175	16		330	1.266	0,260
Feb - 16	67	15	83	12		178	997	0,179
Mar - 16	381	46	252	49		728	1.216	0,599
Apr - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 16	139	37	56	149	84	465	-	-
<b>Totale</b>	<b>696</b>	<b>129</b>	<b>566</b>	<b>226</b>	<b>84</b>	<b>1.701</b>	<b>3.479</b>	<b>0,489</b>

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

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

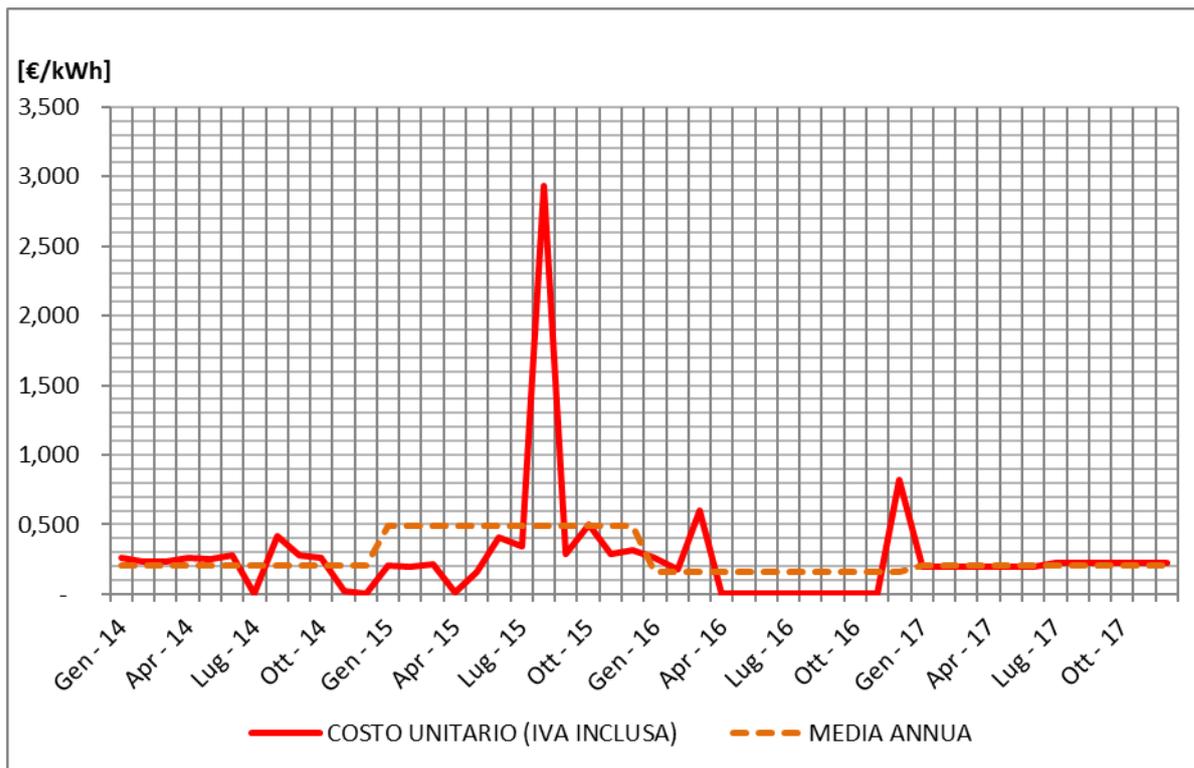
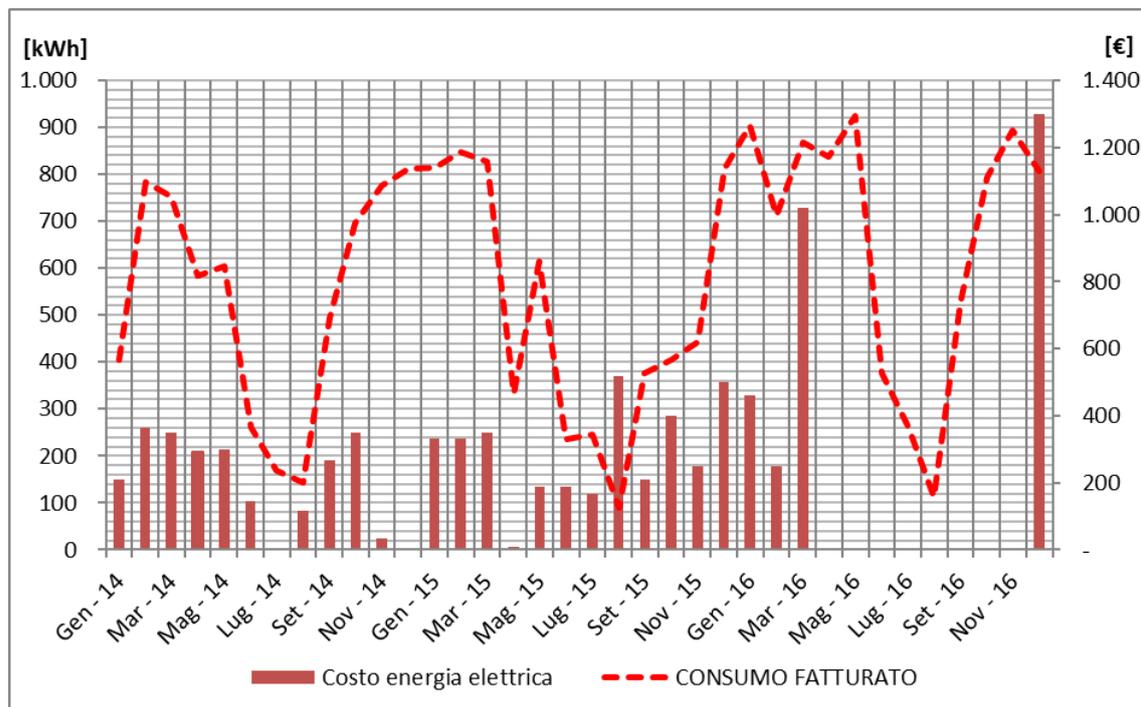


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è stato molto variabile.

## 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 (*)	-	-	-	9.080	€ 1.735	€ 0,191	€ 1.735
2015 (*)	95.695	€ 3.558	€ 0,037	8.462	€ 2.455	€ 0,290	€ 6.013
2016 (*)	90.799	€ 10.081	€ 0,111	11.233	€ 1.701	€ 0,151	€ 11.782
2017	-	-	€ 0,0806	-	-	€ 0,234	-
Media	93.247	€ 6.819	€ 0,0762	9.592	€ 1.964	€ 0,216	€ 6.510

(\*) Dati incompleti per mancanza di fatture

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 relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UQ</sub>	0,081 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	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:

- L1-042-198: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza < 35 kW

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 2.128 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione  $C_M$  è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione ( $C_{SIE3}$ ) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria ( $C_{MO}$ ) e in una quota straordinaria ( $C_{MS}$ ) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

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:

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

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

Nel caso dell'edificio attuale il contratto di tipo SIE 3 è preponderante sia come costi sia come consumi.

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	$C_{MO}$ 1.915	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 213	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

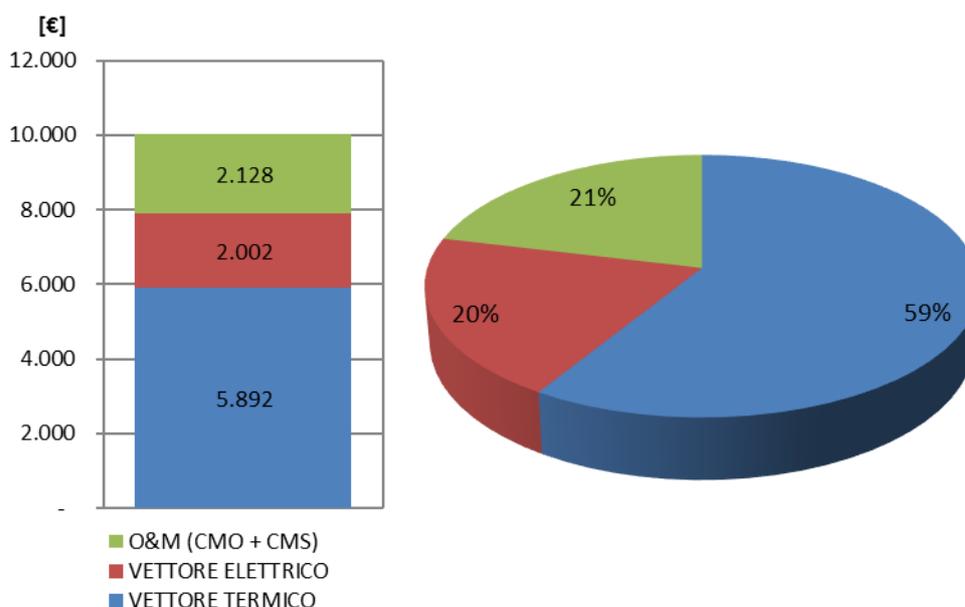
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 7.895 e un  $C_{baseline}$  pari a € 10.023

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
73.121	0,081	5.892	9.592	0,209	2.002	2.128	1.915	213	10.023

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: Sostituzione degli infissi esterni

###### Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esterni che delimitano il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 8.1– Esempio del vecchio tipo di infissi presenti



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nella sostituzione degli infissi esistenti con altri di uguale forma e dimensione ma con elevate prestazioni termiche.

La scelta sarà orientata anche sulla base delle caratteristiche estetiche e formali degli infissi esistenti. In questo caso la sostituzione avverrà con infissi (finestra o portafinestra) in PVC completo di vetrocamera ad alte prestazioni termiche, con valore massimo di trasmittanza  $U=1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ , apertura ad una o due ante o a vasistas, il colore a scelta della DL in accordo con la Committenza.

Si otterrà un miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un infisso più performante fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente e che l'infisso ed il muro abbiano una maggiore continuità nel mantenimento della temperatura ambiente richiesta, inoltre si eviterà la formazione di condensa sui vetri diminuendo l'umidità dell'ambiente.

###### Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di infisso compatibili anche formalmente con l'aspetto dell'edificio. La posa dovrà avvenire da parte di personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

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

###### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

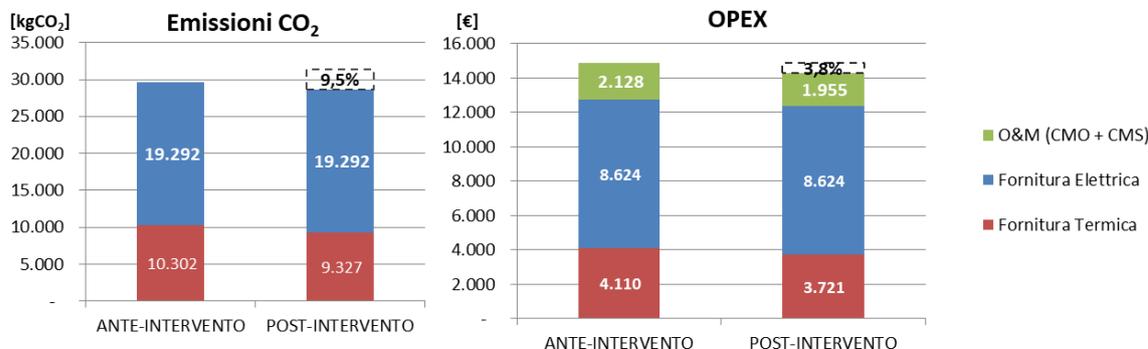
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione degli infissi esterni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
-------------------	------	-----------------	-----------------	------------------------

EEM1 -Trasmittanza infissi	[W/m <sup>2</sup> K]	3,62	1,65	<b>54,4%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	74.874	67.786	<b>9,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	9.452	9.452	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.000	46.172	<b>9,5%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	41.310	41.310	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	10.302	9.327	<b>9,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	19.292	19.292	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>29.594</b>	<b>26.792</b>	<b>9,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.110	3.721	<b>9,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	8.624	8.624	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.734</b>	<b>12.345</b>	<b>3,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.915	1.756	<b>8,3%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	213	198	<b>6,8%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.128</b>	<b>1.955</b>	<b>8,2%</b>
OPEX	[€]	<b>14.862</b>	<b>14.299</b>	<b>3,8%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. I nuovi infissi inoltre avranno minori infiltrazioni, gli ambienti avranno minore presenza di polvere ed umidità.

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



## EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Figura 8.3– Esempio tipo di coibentazione a cappotto

### **Generalità**

La misura prevede l'isolamento delle superfici disperdenti delimitanti il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.



Figura 8.4– Esempio di isolamento del solaio di copertura



### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'operazione consiste nell'applicare uno strato di materiale isolante direttamente in corrispondenza dell'involucro esterno, sia esso verticale o orizzontale. Per la sua realizzazione è necessario valutare che il sovraccarico causato dalla posa dei pannelli sia compatibile con la struttura e che il piano di posa sia impermeabilizzato.

L'isolamento costituisce una tecnica di retrofit per ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro edilizio e per migliorare il comfort termico ed acustico degli utenti; si ottiene il miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un isolamento fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente, evitando la formazione di condensa e muffe sulla superficie interna. Lo strato isolante verrà posizionato quando possibile oltre lo strato resistente, in modo tale da proteggerlo dagli sbalzi termici, da sfruttarne l'inerzia termica e da diminuire il rischio di condensa interstiziale.

La copertura risulta essere in buono stato manutentivo, con guaina isolante che non presenta infiltrazioni e deterioramenti. Per questo motivo il solaio di copertura verrà isolato dall'interno, soluzione ritenuta fattibile dall'elevata altezza interpiano, e conveniente dal punto di vista economico.

### **Descrizione dei lavori**

Sarà necessario scegliere tipologie di pannelli isolanti caratterizzati da ridotta conducibilità termica, elevata densità e buona permeabilità alla diffusione del vapore acqueo, al fine di ottenere una trasmittanza termica contenuta ed una buona permeabilità al vapore. L'intervento permette di ottenere riduzioni nei valori di trasmittanza termica fino all'80% - 90%, in relazione al tipo di isolamento realizzato.

Andrà inoltre verificata l'assenza di formazione di condensa.

### **Prestazioni raggiungibili**

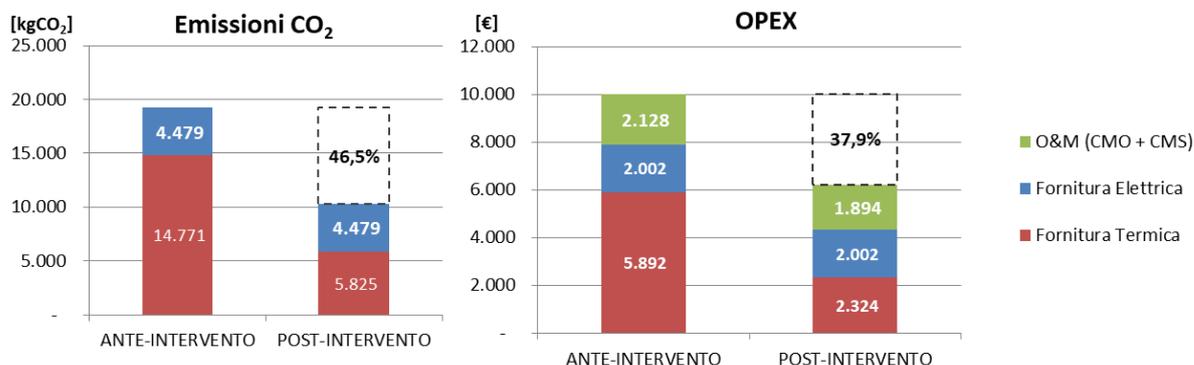
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione a cappotto dell’involucro edilizio

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 -Trasmittanza pareti	[W/m <sup>2</sup> K]	1,01	0,26	<b>74,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	74.874	29.527	<b>60,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	9.452	9.452	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	73.121	28.836	<b>60,6%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	9.592	9.592	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.771	5.825	<b>60,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	4.479	4.479	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>19.250</b>	<b>10.304</b>	<b>46,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.892	2.324	<b>60,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.002	2.002	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.895</b>	<b>4.326</b>	<b>45,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.915	1.695	<b>11,5%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	213	199	<b>6,3%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.128</b>	<b>1.894</b>	<b>11,0%</b>
OPEX	[€]	<b>10.023</b>	<b>6.220</b>	<b>37,9%</b>
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell’impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. Inoltre il cappotto garantirà minor presenza di umidità e condensa.

Figura 8.5– EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### EEM3: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

#### Generalità

Il fabbisogno energetico necessario alla climatizzazione è fortemente dipendente dal volume che necessita di essere riscaldato e/o raffreddato.

L'installazione sull'involucro di soluzioni architettoniche che consentano la diminuzione della cubatura che necessita di climatizzazione possono contribuire notevolmente alla diminuzione del fabbisogno di energia necessaria in proposito.

Tali soluzioni dovranno sempre tener conto del comfort e del benessere degli utenti dell'edificio, rispettando i limiti architettonici imposti dalle vigenti normative in campo di salute e sicurezza.

### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'installare un sistema di controsoffittatura ove consentito dell'altezza dei locali.

La controsoffittatura consente di diminuire il volume riscaldato e/o raffrescato senza compromettere il comfort interno dei locali, permettendo dunque una diminuzione del fabbisogno energetico necessario per la climatizzazione.

L'intervento prevede quindi l'installazione di un controsoffitto nelle aule, nei corridoi e nei bagni.

La superficie dove sarà possibile installare il controsoffitto si estende per 760 mq, e i pannelli verranno installati a quote diverse, al fine di rendere l'altezza utile dei locali pari a 3m. La conseguente diminuzione del volume riscaldato sarà del 21% circa.

### Descrizione dei lavori

È prevista l'installazione di una struttura composta da profilati in acciaio su cui verrà applicato il controsoffitto in cartongesso.

Figura 8.6- Particolare installazione controsoffiti



### Prestazioni raggiungibili

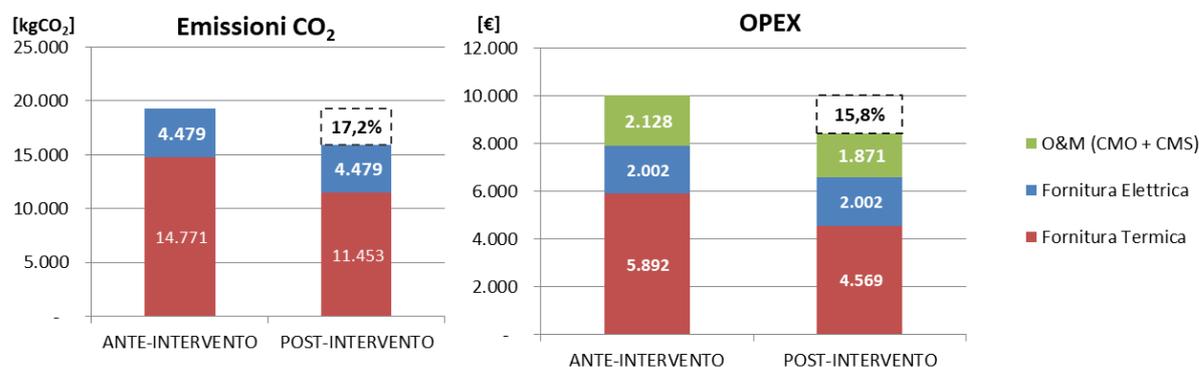
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3.

Tabella 8.3– Risultati analisi EEM3 - Compartimentazione termica – Installazione di controsoffiti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3- Volume riscaldato	[m <sup>3</sup> ]	2.900,00	2.280	<b>21,4%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	74.874	58.056	<b>22,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	9.452	9.452	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	73.121	56.697	<b>22,5%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	9.592	9.592	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.771	11.453	<b>22,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	4.479	4.479	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>19.250</b>	<b>15.932</b>	<b>17,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.892	4.569	<b>22,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.002	2.002	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.895</b>	<b>6.571</b>	<b>16,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.915	1.666	<b>13,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	213	204	<b>4,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.128</b>	<b>1.871</b>	<b>12,1%</b>
OPEX	[€]	<b>10.023</b>	<b>8.442</b>	<b>15,8%</b>

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.7– EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM4: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

##### Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore (attualmente pari a circa l'87%). Inoltre, essendo l'attuale generatore piuttosto vetusto, con il tempo cresce il rischio di possibili rotture e quindi la sostituzione si configura come un intervento di manutenzione preventiva.

Figura 8.8- Particolare del generatore di calore attualmente installato



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede il rifacimento completo della centrale termica.

In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.).

### Descrizione dei lavori

L'installazione deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

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

### Prestazioni raggiungibili

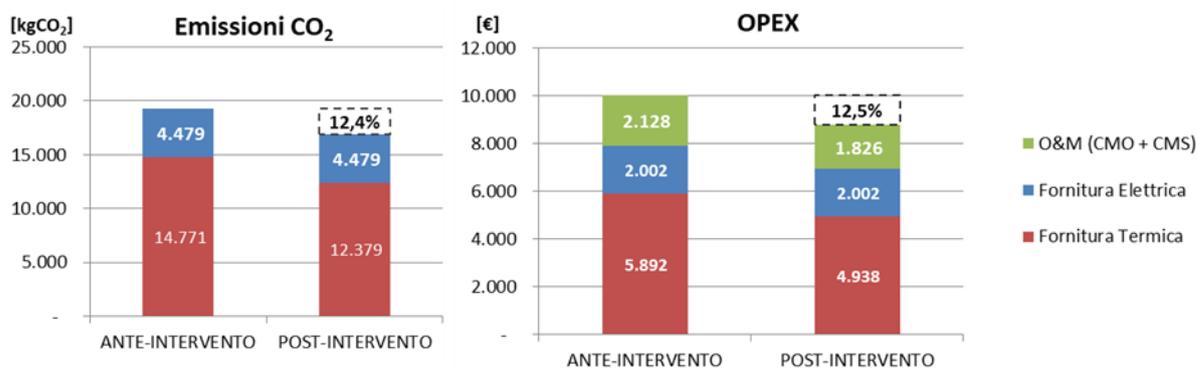
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Rendimento generatore	%	88,00	105,00	<b>-19,3%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	74.874	62.751	<b>16,2%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.452	9.452	<b>0,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	73.121	61.283	<b>16,2%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	9.592	9.592	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.771	12.379	<b>16,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	4.479	4.479	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>19.250</b>	<b>16.858</b>	<b>12,4%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.892	4.938	<b>16,2%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	2.002	2.002	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>7.895</b>	<b>6.941</b>	<b>12,1%</b>
$C_{MO}$	[€]	1.915	1.624	<b>15,2%</b>
$C_{MS}$	[€]	213	202	<b>5,3%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>2.128</b>	<b>1.826</b>	<b>14,2%</b>
OPEX	[€]	<b>10.023</b>	<b>8.766</b>	<b>12,5%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.9– EEM4.: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## EEM5: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

### Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

Figura 8.10– Esempio di valvola termostatica



Figura 8.11– Particolare delle pompe di circolazione



### Caratteristiche funzionali e tecniche

#### Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

#### Pompe inverter:

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione dei motori consente di modificare l'effettiva portata dei circolatori alimentati in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consente primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter per ogni motore dei circolatori sul circuito permetterà all'impianto di seguire la curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo eventuali valvole e trasduttori di gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dai motori e si potrà adattare la velocità delle pompe al carico termico richiesto istantaneo. Gli inverter preposti alla funzione dovranno essere dotati di controllo vettoriale di tensione, ed essere atti all'impiego con pompe in ambiente industriale. Con l'uso degli inverter, la portata viene regolata, variando il numero di giri.

## Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Per quanto riguarda la regolazione sulle pompe di distribuzione alle utenze si provvederà a mantenere costante il salto termico mandata/ritorno adattando così la portata al carico termico richiesto.

## Prestazioni raggiungibili

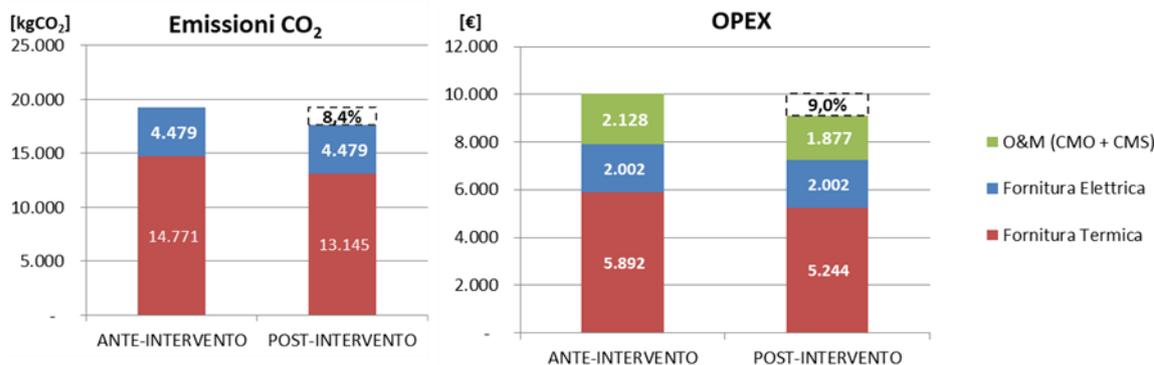
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5.

Tabella 8.5– Risultati analisi EEM5 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM 5 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89,00	99,00	-11,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	74.874	66.634	11,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.452	9.452	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	73.121	65.074	11,0%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	9.592	9.592	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.771	13.145	11,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	4.479	4.479	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>19.250</b>	<b>17.624</b>	<b>8,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.892	5.244	11,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.002	2.002	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.895</b>	<b>7.246</b>	<b>8,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.915	1.678	12,4%
C <sub>MS</sub>	[€]	213	199	6,5%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.128</b>	<b>1.877</b>	<b>11,8%</b>
OPEX	[€]	<b>10.023</b>	<b>9.123</b>	<b>9,0%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.12– EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM6: Installazione di impianto di illuminazione LED

##### Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.6.

Figura 8.13- Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati

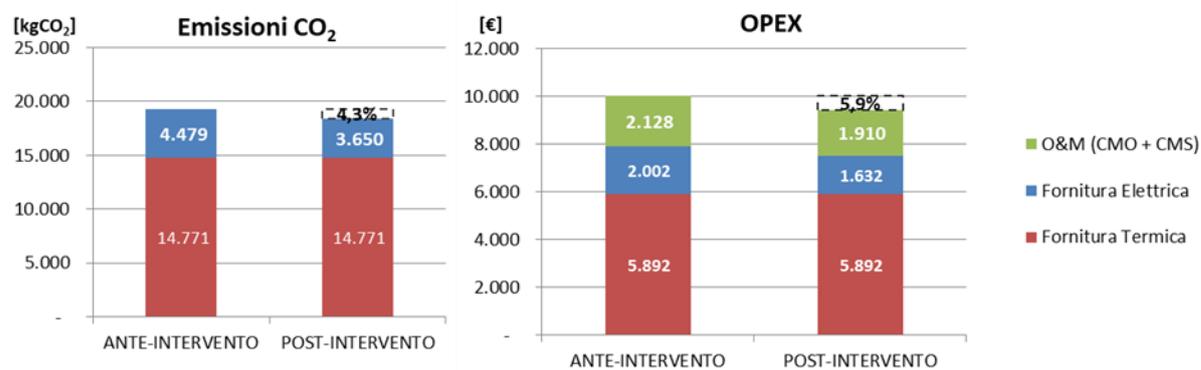


Tabella 8.6– Risultati analisi EEM6 – Installazione impianto di illuminazione led

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM6 - Potenza installata	W	7.000,00	3.500,00	<b>50,0%</b>
Qteorico	[kWh]	74.874	74.874	<b>0,0%</b>
EEteorico	[kWh]	9.452	7.702	<b>18,5%</b>
Qbaseline	[kWh]	73.121	73.121	<b>0,0%</b>
EEBaseline	[kWh]	9.592	7.816	<b>18,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.771	14.771	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	4.479	3.650	<b>18,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>19.250</b>	<b>18.421</b>	<b>4,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.892	5.892	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.002	1.632	<b>18,5%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.895</b>	<b>7.524</b>	<b>4,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.915	1.724	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	213	186	<b>12,5%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.128</b>	<b>1.910</b>	<b>10,3%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>10.023</b>	<b>9.434</b>	<b>5,9%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà dalla maggiore longevità dell'impianto costituito da lampade a led, che non necessitano di manutenzione.

Figura 8.14– EEM6: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

Per la stima dei costi degli interventi, è stato utilizzato il Prezzario della Regione Liguria, cui sono stati applicati:

- Una riduzione del 10% sui prezzi unitari, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, inclusa in seguito nel PEF della ESCO;
- Un incremento del 3% sui prezzi unitari, per oneri legati alla sicurezza;
- Un incremento del 7% sui prezzi unitari, per oneri legati alla progettazione.

La stima degli importi per gli incentivi è stata calcolata secondo quanto previsto dal Decreto Interministeriale del 16 febbraio 2016 (Conto Termico).

#### **EEM1: Sostituzione Infissi**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione degli infissi esterni non ancora sostituiti.

La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, in quanto è previsto l'accesso solo in concomitanza dell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione infissi

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezzario Regione Liguria	48	m2	€ 39,61	€ 35,65	€ 1.711,15	22%	€ 2.087,61
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m <sup>2</sup> K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m <sup>2</sup> 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezzario Regione Liguria	48	m2	€ 328,90	€ 296,01	€ 14.208,48	22%	€ 17.334,35
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezzario Regione Liguria	27,712813	m	€ 7,59	€ 6,83	€ 189,31	22%	€ 230,95
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezzario Regione Liguria	7,2	m3	€ 11,77	€ 10,59	€ 76,27	22%	€ 93,05
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 485,56	22%	€ 592,38
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.132,96	22%	€ 1.382,22
	<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 17.804</b>	<b>22%</b>	<b>€ 21.721</b>

#### **EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio**

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione a cappotto dell'involucro murario (pareti verso l'esterno e coperture).

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

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/m <sup>2</sup> cm]	[€/m <sup>2</sup> cm]	[€]	[€]	[€]
PR.A17.D01.010	Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	11920	m2*cm	€ 3,49	€ 3,14	€ 37.440,72	22%	€ 45.677,68
PR.A02.A20.600	Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi. Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	755	kg	€ 0,82	€ 0,74	€ 557,19	22%	€ 679,77
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	596	kg	€ 0,49	€ 0,44	€ 262,84	22%	€ 320,66
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	755	m2	€ 14,28	€ 12,85	€ 9.703,26	22%	€ 11.837,98
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	755	m2	€ 7,26	€ 6,53	€ 4.933,17	22%	€ 6.018,47
25.A54.A30.010	Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	755	m2	€ 4,81	€ 4,33	€ 3.268,40	22%	€ 3.987,44
AT.N20.S20.040	Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m.	Prezzario Regione Liguria	17	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 628,81	22%	€ 767,15
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	437	m2	€ 23,79	€ 21,41	€ 9.356,61	22%	€ 11.415,06

20.A54.B10.010	Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	437	m2	€ 4,80	€ 4,32	€ 1.887,84	22%	€ 2.303,16
20.A90.A20.010	Tinteggiatura di superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani).	Prezzario Regione Liguria	755	m2	€ 6,06	€ 5,45	€ 4.117,77	22%	€ 5.023,68
20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	437	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 2.733,44	22%	€ 3.334,79
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 2.246,70	22%	€ 2.740,98
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 5.242,30	22%	€ 6.395,61
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>							<b>€ 82.379</b>	<b>22%</b>	<b>€ 100.502</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>							<b>€ 40.201</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€ 8.040</b>

### EEM3: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di controsoffitti.

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3 - Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]	
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autoperforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	DEI - ristruttur. 2015	760	m2	€ 28,96	€ 26,06	€ 19.808,64	22%	€ 24.166,54
20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	760	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 4.753,80	22%	€ 5.799,64
AT.N20.S20.040	Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m.	Prezzario Regione Liguria	30	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 1.093,58	22%	€ 1.334,17
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 769,68	22%	€ 939,01
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.795,92	22%	€ 2.191,02
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>						<b>€ 28.222</b>	<b>22%</b>	<b>€ 34.430</b>	

### EEM4: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione del generatori di calore attualmente presente con uno a condensazione ad alta efficienza. La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]
PR.C76.B10.005 Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 113 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 7.969,50	€ 7.172,55	€ 7.172,55	22%	€ 8.750,51
PR.C84.C05.495 Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 132,07	€ 132,07	22%	€ 161,12
40.C10.B10.120 Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 392,78	€ 353,50	€ 353,50	22%	€ 431,27
PR.C76.A30.020 Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 21,13	€ 19,02	€ 95,09	22%	€ 116,00
PR.C76.A30.015 Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,61	€ 25,61	22%	€ 31,25
40.F10.H10.030 Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 108,54	€ 108,54	22%	€ 132,42
40.F10.H10.040 Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 26,74	€ 26,74	22%	€ 32,62
PR.C74.C10.010 Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 132,07	€ 132,07	22%	€ 161,12

PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€	68,82	€ 68,82	22%	€ 83,96
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€	30,97	€ 464,54	22%	€ 566,73
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 31,88	€	28,69	€ 430,38	22%	€ 525,06
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	50	m³km	€ 4,72	€	4,25	€ 212,40	22%	€ 259,13
	Costi per la sicurezza	-	3%	%				€ 276,67	22%	€ 337,54
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%				€ 645,56	22%	€ 787,58
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>								<b>€ 10.145</b>	<b>22%</b>	<b>€ 12.376</b>

### EEM5: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe funzionanti a numeri di giri variabile per permettere una regolazione in portata. La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	31	cad	€ 35,42	€ 31,88	€ 988,22	22%	€ 1.205,63
PR.C47.H10.060	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 18 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 1.092,01	€ 982,81	€ 982,81	22%	€ 1.199,03
PR.C47.H10.050	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 32, PN10, prevalenza da 1 a 9 m, portata da 1 a 9 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 536,99	€ 483,29	€ 483,29	22%	€ 589,62
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 97,34	€ 87,61	€ 175,21	22%	€ 213,76

PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,42	€ 20,42	22%	€ 24,91
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	13	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 382,56	22%	€ 466,72
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 90,98	22%	€ 110,99
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 212,28	22%	€ 258,98
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM5)</b>							<b>€ 3.336</b>	<b>22%</b>	<b>€ 4.070</b>

### EEM6: Installazione di impianto di illuminazione a led

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe funzionanti a numeri di giri variabile per permettere una regolazione in portata.

L'intervento prevede l'accesso agli incentivi del Conto Termico.

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM6 – Installazione di impianto di illuminazione a led

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE		TOTALE (IVA INCLUSA)	
						(IVA ESCLUSA)	IVA		
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]	
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	68	cad	€ 156,66	€ 140,99	€ 9.587,59	22%	€ 11.696,86
045129b	Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	23	cad	€ 98,61	€ 88,75	€ 2.041,23	22%	€ 2.490,30
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	0	cad	€ 185,06	€ 166,55	€ -	22%	€ -
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 348,86	22%	€ 425,61
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 814,02	22%	€ 993,10
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM6)</b>							<b>€ 12.792</b>	<b>22%</b>	<b>€ 15.606</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>								<b>€ 6.242</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>€ 5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€ 1.248</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.

### **EEM1: Sostituzione infissi**

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

Tabella 9.7– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– sostituzione infissi

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	21.721
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS		34,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA		43,8
Valore attuale netto	VAN		- 7.042
Tasso interno di rendimento	TIR		-1,0%
Indice di profitto	IP		-0,32

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

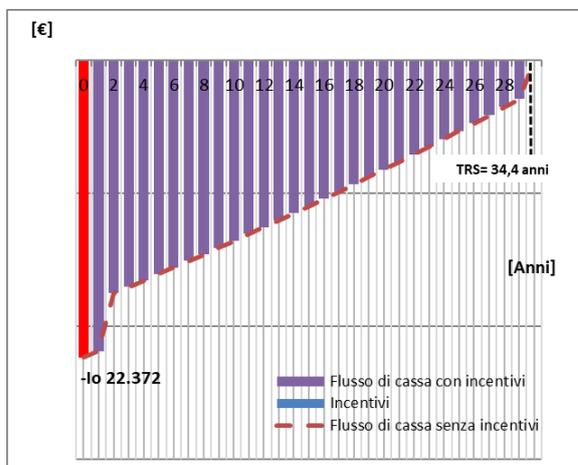
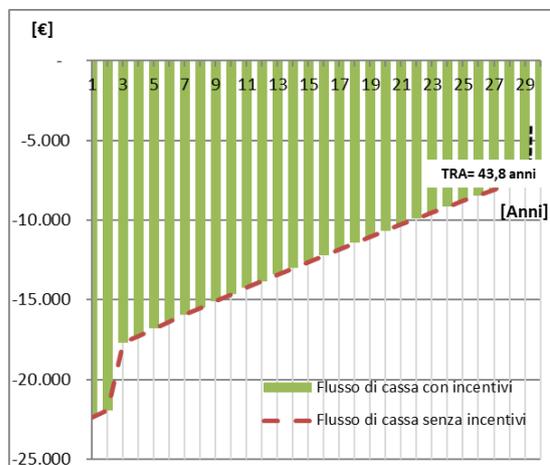


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che sebbene l'intervento non sia molto dispendioso, il tempo di ritorno è superiore ai 30 anni di vita utile considerata per l'intervento (34,4 anni e 43,8 anni con flussi di cassa attualizzati). Risulta quindi essere un investimento non remunerativo (VAN < 0). L'intervento eseguito singolarmente non accede all'incentivo del Conto Termico.

### **EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio**

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– Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	100.502
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	8.040
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	23,7	13,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	31,9	16,8
Valore attuale netto	VAN	-6.037	31.860
Tasso interno di rendimento	TIR	1,5%	5,3%
Indice di profitto	IP	-0,06	0,32

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

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

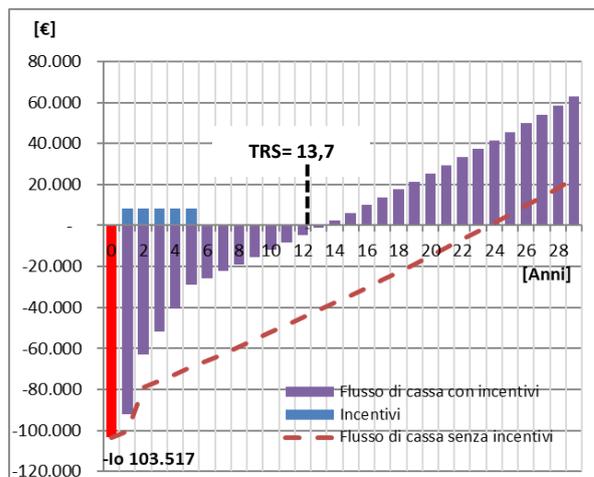
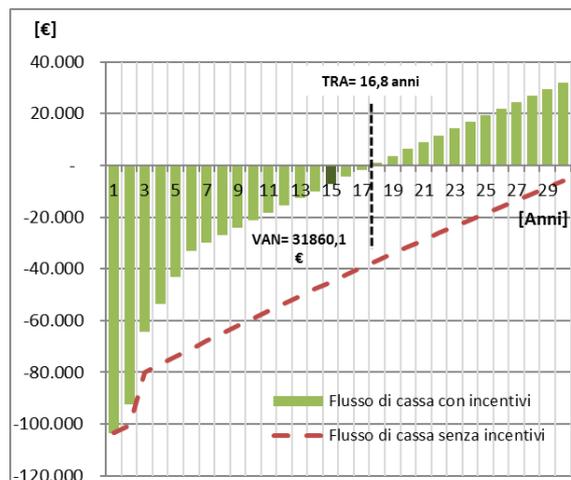


Figura 9.4– EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che sebbene l'intervento risulti dispendioso, risulta remunerativo: tempo di ritorno decisamente inferiore alla vita utile ipotizzabile (30 anni), TRS 13,7 – TRA 16,8 anni, e Van di 31.860 € con gli incentivi del Conto Termico.

### **EEM3: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti**

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

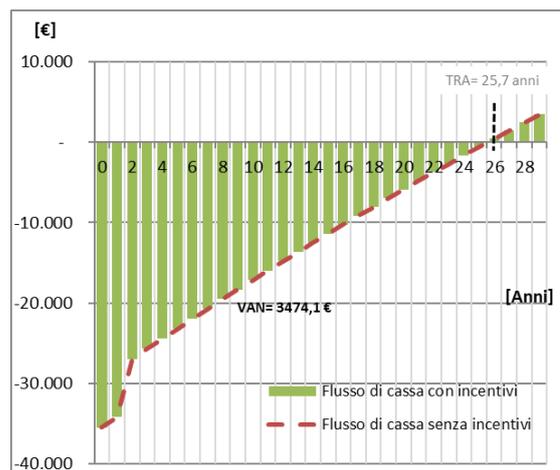
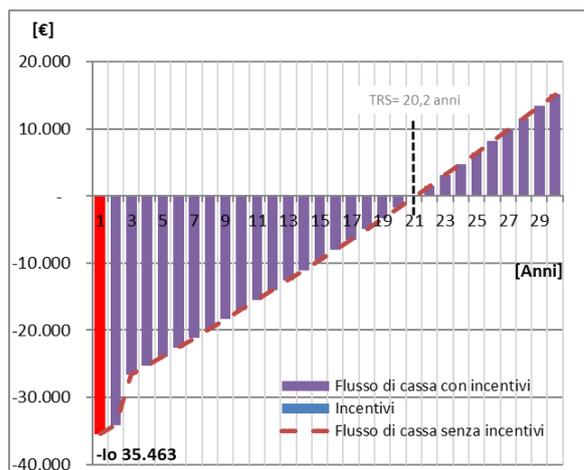
Tabella 9.9– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>Io</b>	€	34.430
Oneri Finanziari %Io	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	-
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>		20,2
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>		25,7
Valore attuale netto	<b>VAN</b>		3.474
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>		2,8%
Indice di profitto	<b>IP</b>		0,10

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta remunerativo: tempo di ritorno decisamente inferiore alla vita utile ipotizzabile (30 anni), TRS 25,7 – TRA 20,2 anni.

Il VAN è positivo anche se basso rispetto all'investimento iniziale, visto che l'intervento non accede a nessun tipo di incentivo.

#### **EEM4: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza**

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

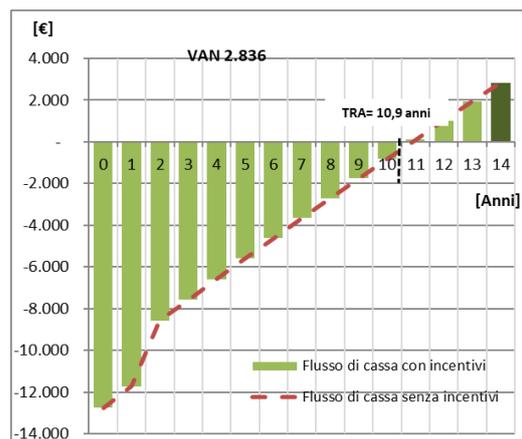
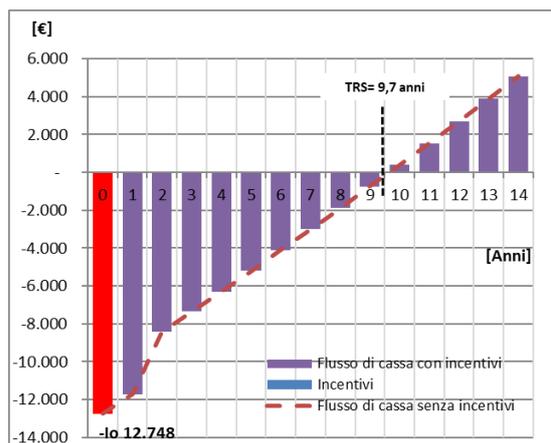
Tabella 9.10– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	12.376
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	9,7	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	10,9	
Valore attuale netto	VAN	2.836	
Tasso interno di rendimento	TIR	5,3%	
Indice di profitto	IP	0,23	

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un tempo di ritorno inferiore ai 15 anni (9,7 anni e 10,9 anni con flussi di cassa attualizzati).

Risulta essere un investimento remunerativo ma con un Van piuttosto basso.

L'intervento sarebbe più interessante in abbinamento con altre misure, soprattutto all'installazione delle Valvole termostatiche che permetterebbe di accedere all'incentivo del Conto Termico.

#### **EEM5: Installazione valvole termostatiche e pompe inverter**

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

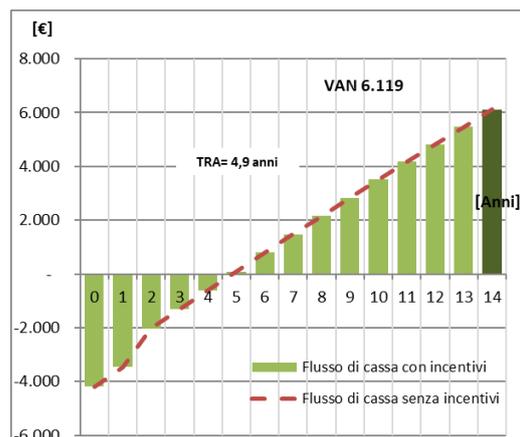
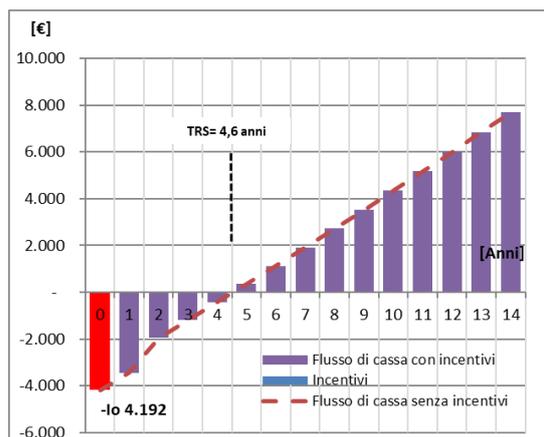
Tabella 9.11– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	4.070
Oneri Finanziari %lo	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	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	4,6	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,9	
Valore attuale netto	VAN	6.119	
Tasso interno di rendimento	TIR	19,3%	
Indice di profitto	IP	1,50	

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10.

Figura 9.9–EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.10– EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo, con un VAN di 6.119 € superiore al valore dell'investimento iniziale. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi ampiamente inferiori ai 15 anni (4,6 e 4,9 anni rispettivamente).

### **EEM6: Installazione di impianto di illuminazione LED**

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

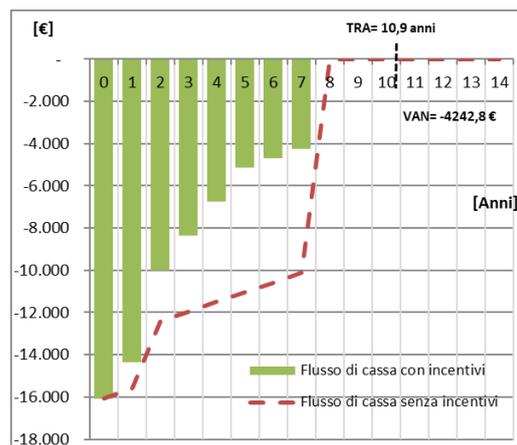
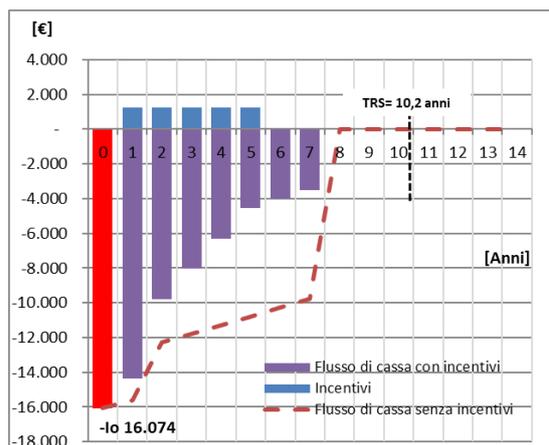
Tabella 9.12– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>Io</b>	€	15.606
Oneri Finanziari %Io	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	8
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	1.248
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	20,3	10,2
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	21,6	10,9
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	-10.127	-4.243
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-22,8%	-7,5%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,65	-0,27

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12.

Figura 9.11 – EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Come da tabella estratta dal Cap. 2.6 del documento "LINEE GUIDA alla presentazione dei progetti per il Programma per la Riqualificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale PREPAC (D.M. 16 Settembre 2016)" Elaborato da ENEA e GSE nel 2017, è stata considerata una vita utile per l'intervento di 8 anni. Come si vede dal grafico il tempo di ritorno dell'intervento è superiore alla vita utile e l'investimento non risulta remunerativo, poiché il costo dell'intervento è elevato rispetto alla spesa elettrica ed al conseguente risparmio ipotizzabile. Tuttavia si ritiene che l'intervento possa avere una vita utile reale più lunga (15 anni) che renda comunque giustificabile la realizzazione dell'intervento.

## 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

	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	3,1%	9,5%	389,00 €	159,00 €	14,50€	21.721,00 €	34,4	43,8	30	-7.042,00€	-1,00%	-0,32
EEM2	45,2%	46,5%	3.568,60 €	220,30 €	13,40 €	100.502,00€	23,7	31,9	30	-6.037,00€	1,5%	-0,06
EEM3	16,8%	17,2%	1.323,50€	249,00€	8,50 €	34.430,00€	20,2	25,7	30	3.474,00€	2,8%	0,10
EEM4	12,1%	12,4%	954,00€	291,10€	11,30 €	12.376,00€	9,7	10,9	15	2.817,00€	5,3%	0,23
EEM5	8,2 %	8,4 %	648,40€	237,50 €	13,80€	4.070,00€	4,6	4,9	15	6.119,00€	19,30%	1,50
EEM6	4,7 %	4,3 %	370,70€	191,50€	26,60€	15.606,00€	20,3	21,6	8	-10.127,00€	-22,8%	-0,65

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 in assenza di incentivi le EEM 1, 2 e 6 non sono remunerative, e presentano un IP negativo.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta_{CO2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	3,1%	9,5%	389,00 €	159,00 €	14,50€	21.721,00 €	34,4	43,8	30	-7.042,00€	-1,00%	-0,32
EEM2	45,2%	46,5%	3.568,60 €	220,30 €	13,40 €	100.502,00€	13,7	16,8	30	31.860,00€	5,3%	0,32
EEM3	16,8%	17,2%	1.323,50€	249,00€	8,50 €	34.430,00€	20,2	25,7	30	3.474,00€	2,8%	0,10
EEM4	12,1%	12,4%	954,00€	291,10€	11,30 €	12.376,00€	9,7	10,9	15	2.817,00€	5,3%	0,23
EEM5	8,2 %	8,4 %	648,40€	237,50 €	13,80€	4.070,00€	4,6	4,9	15	6.119,00€	19,30%	1,50
EEM6	4,7 %	4,3 %	370,70€	191,50€	26,60€	15.606,00€	10,2	10,9	8	-4.243,00€	-7,5%	-0,27

Dall'analisi dei risultati emerge che per l'EEM 2 l'incentivo rende l'intervento conveniente, mentre l'EEM 6 rimane non conveniente anche con l'incentivo. Gli altri interventi eseguiti singolarmente non accedono all'incentivo.

### 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<sub>0</sub>
- E è l'Equity, pari a 20% di I<sub>0</sub>
- $\frac{D}{D+E}$  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<sub>n</sub> sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K<sub>n</sub> è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I<sub>n</sub> 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<sub>n</sub> 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 LLLCR maggiori di 1.

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: Valvole + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede l'installazione di valvole termostatiche (EEM5) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM6). L'integrazione delle EEM permette in alcuni casi di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per gli interventi 1 e 4.
- **Scenario 2: Valvole + Generatore di calore+ Led:** Tale scenario consiste nell'installazione di Valvole Termostatiche (EEM5), la sostituzione del generatore di calore con uno a condensazione (EEM4) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM6).

### 9.3.1 Scenario 1: Valvole + LED

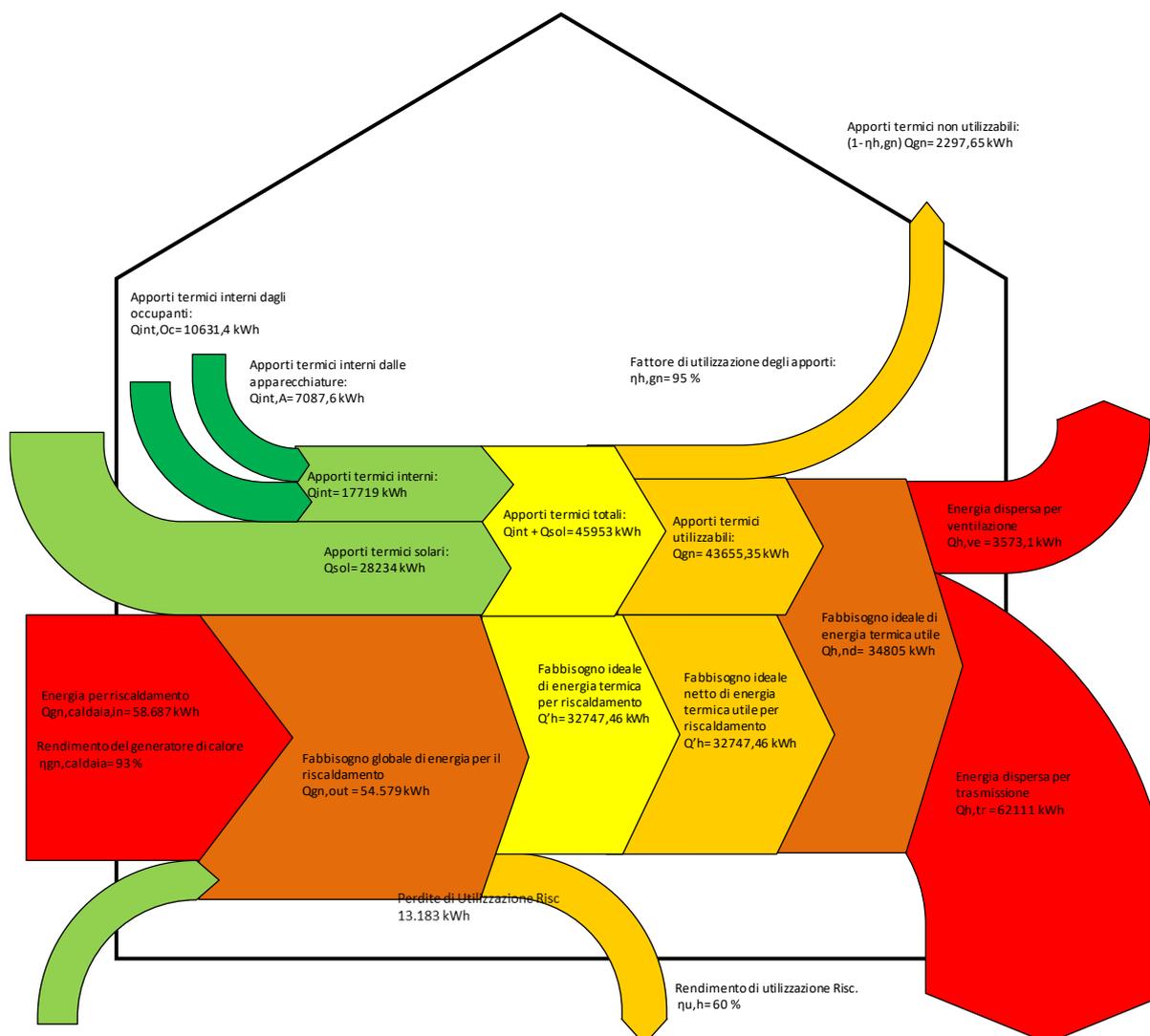
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.15– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM5 VALVOLE E POMPE Fornitura & Posa	€ 3.336	€ 734	€ 4.070
EEM6 LED Fornitura & Posa	€ 12.792	€ 2.814	€ 15.606
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>€ 16.128</b>	<b>€ 3.548</b>	<b>€ 19.676</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 1 O&M	€ 1.666	€ 204	€ 1.870
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>€ 4.855</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>€ 4.248</b>	

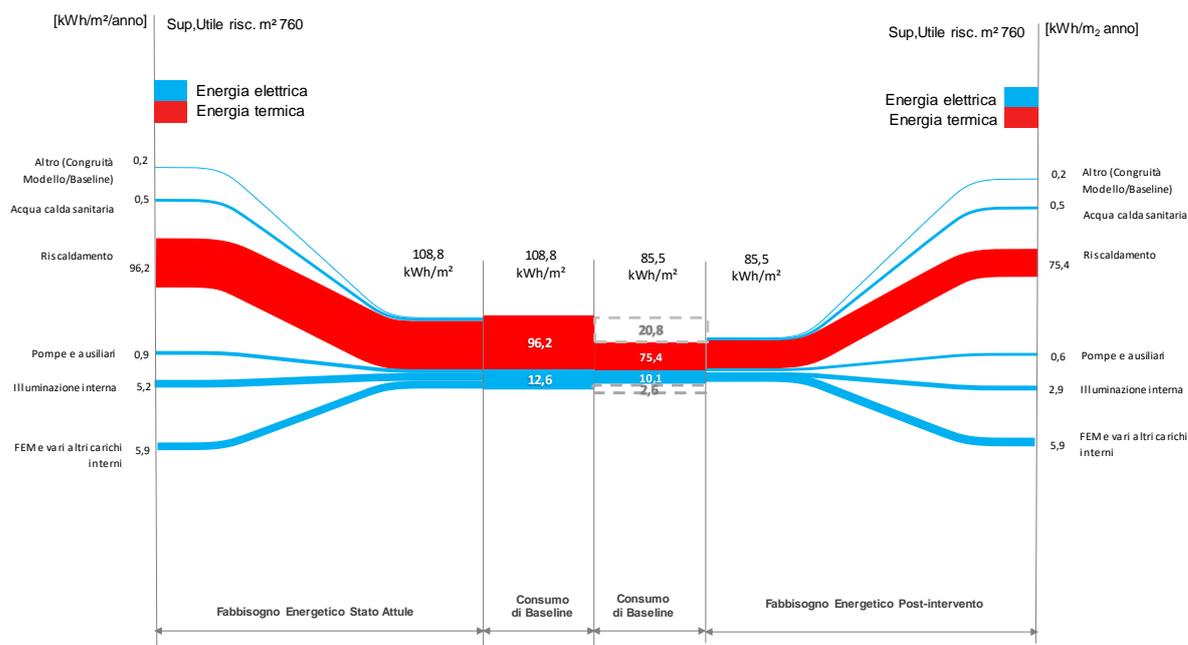
A seguito della modellazione è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alla situazione post- intervento.

Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale.

Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

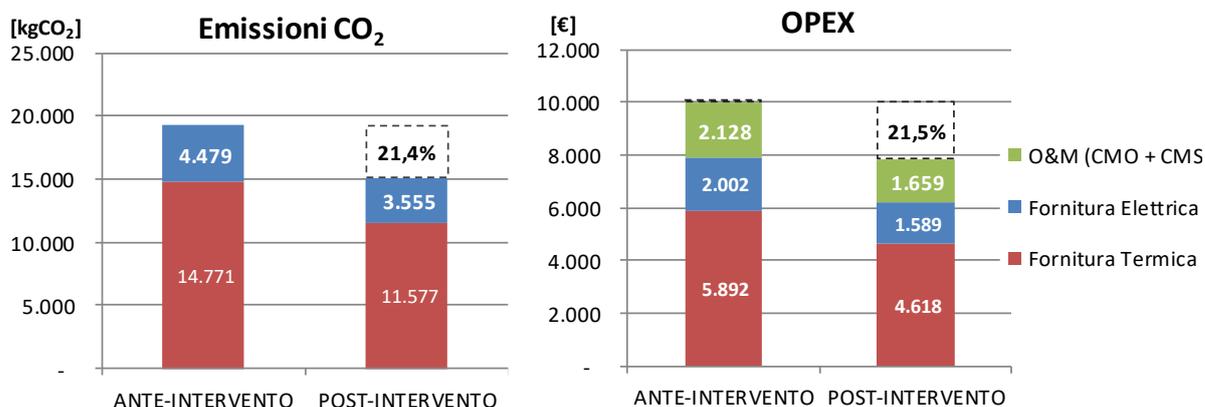


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 –valvole+ LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89,00	99,00	-11,2%
EEM5 - Potenza installata	W	7.000,00	3.500,00	50,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	74.874	58.687	21,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.452	7.501	20,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	73.121	57.314	21,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	9.592	7.612	20,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.771	11.577	21,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	4.479	3.555	20,6%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>19.250</b>	<b>15.132</b>	<b>21,4%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.892	4.618	21,6%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	2.002	1.589	20,6%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>7.895</b>	<b>6.208</b>	<b>21,4%</b>
$C_{MO}$	[€]	1.915	1.486	22,4%
$C_{MS}$	[€]	213	172	19,0%

O&M (C <sub>Mo</sub> + C <sub>Ms</sub> )	[€]	2.128	1.659	22,1%
OPEX	[€]	10.023	7.866	21,5%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

 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– Generatore + valvole+ inverter + LED

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n <sub>o</sub>	2020
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>CdP</sub> )	k <sub>progetto</sub>	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k <sub>D</sub>	3,82%
%, interessi equity	k <sub>E</sub>	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n <sub>D</sub>	15
Anni Equity	n <sub>E</sub>	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I <sub>o</sub>	€ 15.304
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 459
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 15.763
%CAPEX a Debito	D	80,0%

%CAPEX a Equity	E	<b>20,00%</b>
Debito	I <sub>D</sub>	€ 12.610
Equity	I <sub>E</sub>	€ 3.153
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	<b>11,41</b>
Rata annua debito	q <sub>D</sub>	€ 1.106
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub>	€ 16.583
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	INT <sub>D</sub> =q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub> -D	€ 3.973

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C <sub>E0</sub>	€ 6.471
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C <sub>M0</sub>	€ 1.744
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C <sub>Baseline</sub>	€ <b>8.216</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C <sub>Altro</sub>	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC <sub>E</sub>	<b>21,4%</b>
Riduzione% costi O&M	%ΔC <sub>M</sub>	<b>22,1%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	%C <sub>Baseline</sub>	<b>0,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€ <b>1.234</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€ 12.738
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 2.118
N° di Canoni annuali	anni	<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	<b>41,54%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C <sub>ESCO</sub>	€ 468
Costi FTT €/anno IVA escl.	C <sub>FTT</sub>	€ 284
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C <sub>CAPEX</sub>	€ 483
Canone O&M €/anno	C <sub>nM</sub>	€ 1.411
Canone Energia €/anno	C <sub>nE</sub>	€ 5.570
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C <sub>nS</sub>	€ 6.981
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C <sub>nD</sub>	€ 1.234
Canone Totale €/anno IVA escl.	C <sub>n</sub>	€ <b>8.216</b>
Aliquota IVA %	IVA	<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€ 2.760
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€ 6.242
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		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I <sub>0</sub> / FC, Anni	T.R.S.	<b>6,07</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	<b>6,86</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I <sub>0</sub>	VAN > 0	€ <b>5.766</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	<b>11,58%</b>
Indice di Profitto	IP	<b>37,68%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I <sub>0</sub> / FC, Anni	T.R.S.	<b>#N/D</b>

Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>2,05</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - lo	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 5.619</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>74,67%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,624</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>0,780</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>36,72%</b>

Figura 9.16–SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

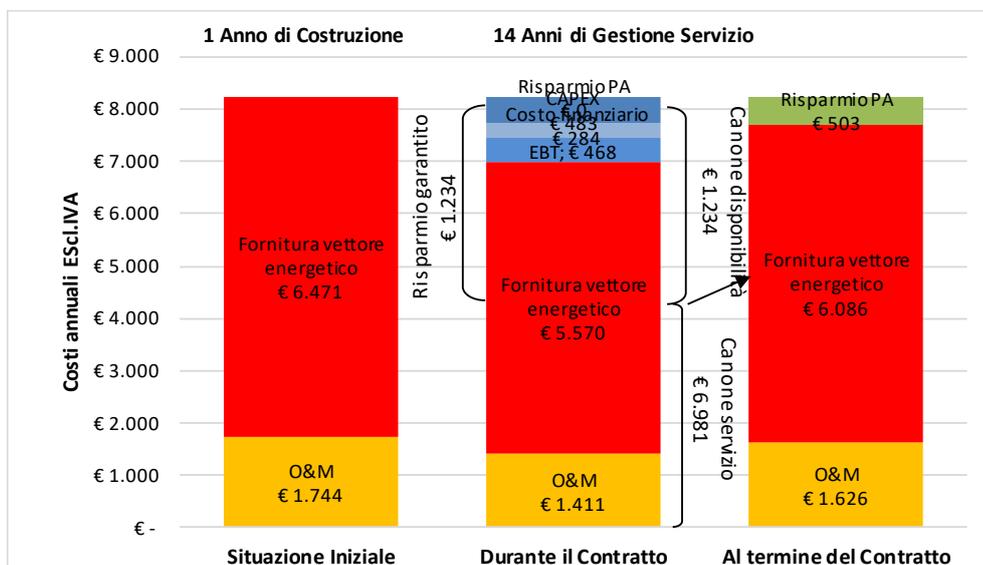


Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo e interessante.

Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

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



### 9.3.2 Scenario 2: Generatore di calore + Valvole + Led:

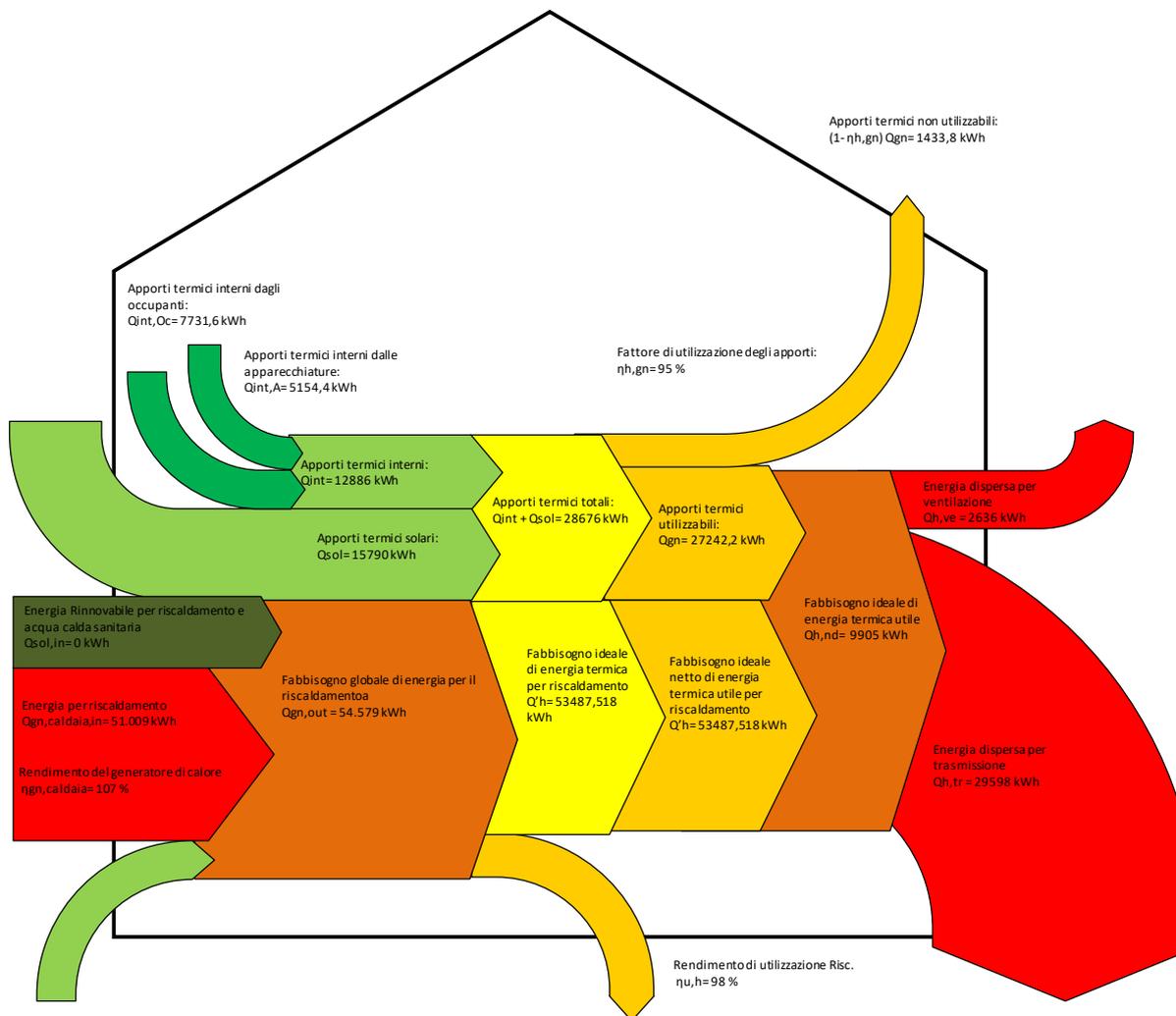
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.20– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	
	[€]	[€]	[€]
EEM4 GENERATORE Fornitura & Posa	€ 10.144	€ 2.232	€ 12.376
EEM5 VALVOLE E POMPE Fornitura & Posa	€ 3.336	€ 734	€ 4.070
EEM6 LED Fornitura & Posa	€ 12.792	€ 2.814	€ 15.606
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>€ 26.272</b>	<b>€ 5.780</b>	<b>€ 32.052</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 2 O&M	€ 1.599	€ 199	€ 1.798
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€	13.049
Durata incentivi			5
Incentivo annuo		€	14.312

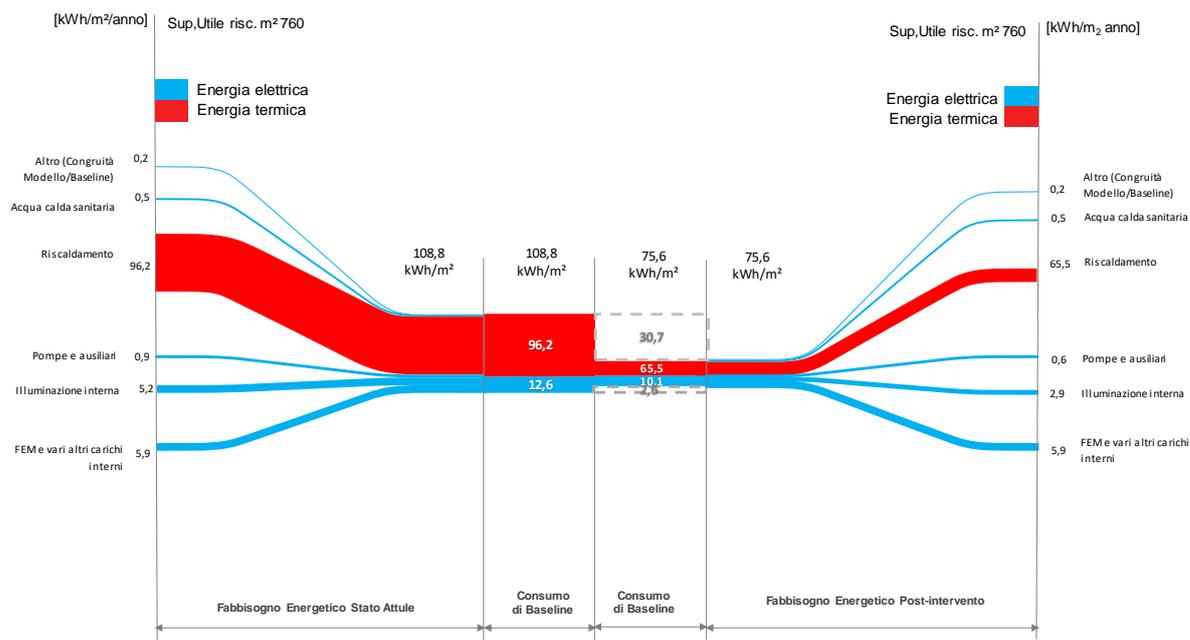
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.19– SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale è diminuito sensibilmente rispetto alla situazione iniziale. Si osserva inoltre la presenza di una componente di energia recuperata, dovuta al rendimento della caldaia a condensazione, maggiore del 100%.

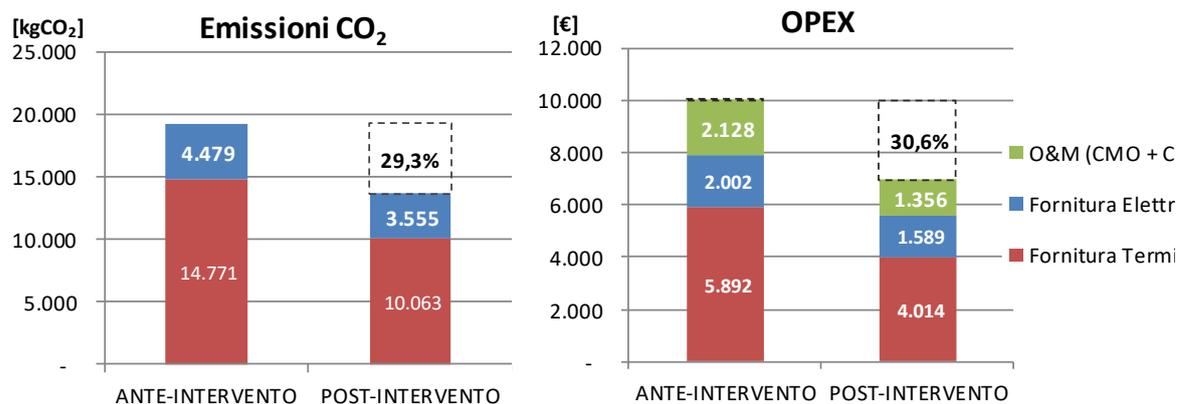
Figura 9.20– SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.21

Tabella 9.21– Risultati analisi SCN 2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 -Rendimento Generatore	%	88	105	<b>-19,3%</b>
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89	99	<b>-11,2%</b>
EEM5 - Potenza installata	W	7000	3500	<b>50,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	74.874	51.009	<b>31,9%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.452	7.501	<b>20,6%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	73.121	49.815	<b>31,9%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	9.592	7.612	<b>20,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.771	10.063	<b>31,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	4.479	3.555	<b>20,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>19.250</b>	<b>13.618</b>	<b>29,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	5.892	4.014	<b>31,9%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	2.002	1.589	<b>20,6%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>7.895</b>	<b>5.603</b>	<b>29,0%</b>
$C_{MO}$	[€]	1.915	1.195	<b>37,6%</b>
$C_{MS}$	[€]	213	161	<b>24,3%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>2.128</b>	<b>1.356</b>	<b>36,3%</b>
OPEX	[€]	<b>10.023</b>	<b>6.960</b>	<b>30,6%</b>
Classe energetica	[-]	G	C	+4 classi

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 **Error! Reference source not found.22**, Tabella 9.1823 e Tabella 9.1924 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	$n_o$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	25
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 24.929
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 748
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 25.677
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 20.542
Equity	$I_E$	€ 5.135
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	16,09
Rata annua debito	$q_D$	€ 1.276
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 31.910

Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	11.368
-------------------------------------	-------------------------	---	--------

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 6.471
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 1.744
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 8.216
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	29,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	36,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 1.678
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 36.167
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 3.385
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	80,92%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 866
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 474
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 339
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€ 1.183
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€ 5.354
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€ 6.537
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€ 1.678
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€ 8.216
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 4.495
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 13.049
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.24 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	T.R.S.	5,82
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,50
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 17.370
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	14,15%
Indice di Profitto	IP	69,68%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	T.R.S.	#N/D
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	#N/D
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 14.797
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > ke$	88,37%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,685
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	0,759
Indice di Profitto Azionista	IP	59,36%

Figura 9.22–SCN2: Flussi di cassa del progetto

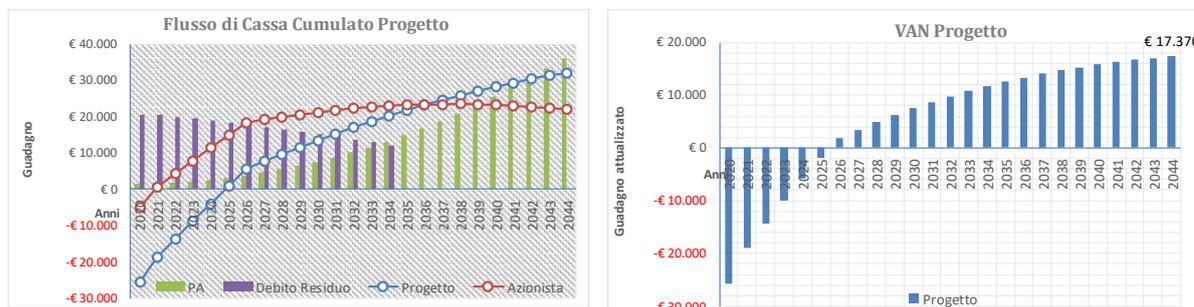


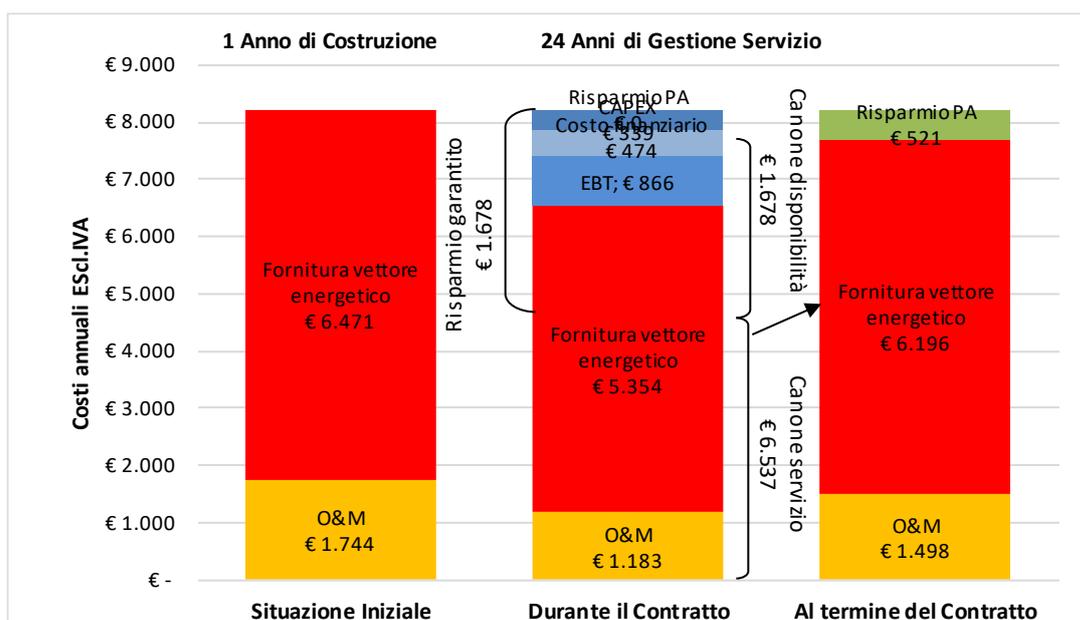
Figura 9.23– SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento risulta molto remunerativo

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 9.24.

Figura 9.24– Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro.

Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti hanno riguardato:

1. La sostituzione degli infissi vetusti;
2. la coibentazione a cappotto delle murature e coperture;
3. la realizzazione di controsoffitti per la compartimentazione termica;
4. la sostituzione del generatore di calore;
5. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
6. l'installazione di apparecchi di illuminazione a LED.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi e del generatore andrebbero affiancati sempre all'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

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

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari risultano essere remunerativi.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E470.pdf

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E470.pdf

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E470.pdf

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

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/03/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 -E470.pdf

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E470.pdf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E470.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E470.pdf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E470_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E470_SCN2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E470.Rev01.xlsx

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E470_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E470.pdf

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev05_E470.xlsx

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E470.pdf

## ALLEGATO N – CD-ROM