

# ASILO NIDO AQUILONE – SCUOLA INFANZIA E PRIMARIA M.GRAPPA E SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO BIXIO

E1576

VIA SAN MARINO 219, 16127, GENOVA (GE)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**ASILO NIDO AQUILONE – SCUOLA INFANZIA E  
PRIMARIA M.GRAPPA E SCUOLA  
SECONDARIA DI PRIMO GRADO BIXIO  
E1576**

**VIA SAN MARINO 219, 16127, GENOVA (GE)**  
RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3  
Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager  
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova  
Tel 010 5573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

I.Q.S. Ingegneria, Qualità e Servizi S.r.l.  
Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero (MI)  
T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) ; F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) ; [info@iqssrl.eu](mailto:info@iqssrl.eu) ; <http://www.iqssrl.eu>

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

<b>Revisione</b>	<b>Data</b>	<b>Realizzazione</b>	<b>Revisione</b>	<b>Approvazione</b>	<b>Descrizione</b>
A	02/03/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
			Ing. Elisa Bezzone		
B	23/04/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisioni come richiesti dalla PA in data 10/04/2018
			Ing. Elisa Bezzone		
C	25/05/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
			Ing. Elisa Bezzone		
D	21/06/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 9.16 – 9.22
			Ing. Elisa Bezzone		

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

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

## INDICE

## PAGINA

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO .....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	25
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>26</b>
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	35
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>40</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	43
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	45
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>47</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	47
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	47
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	48
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	51
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52

7.4	BASLINE DEI COSTI.....	53
<b>TABELLA 7.7 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE .....</b>		<b>53</b>
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>54</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	54
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	60
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	66
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....	66
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	66
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	68
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>71</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	71
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	80
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	90
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM3+EEM5+EEM6+EEM7</i> .....	92
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM2 + EEM3 + EEM5 + EEM6 + EEM7</i> .....	98
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>104</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	104
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	104
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	104
<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>		<b>2</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>		<b>5</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>		<b>6</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>		<b>7</b>
<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>		<b>A</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio	-	1978
Anno di ristrutturazione	-	2014: metanizzazione centrali termiche
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	4.646
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	7.521
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	19.092
Rapporto S/V	[1/m]	0,39
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	5.657
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	3.300
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	8.957
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori di calore standard modulanti a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	963 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Combinato con il sistema di riscaldamento con accumulo
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	133,6
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	527.082
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	40.249
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	58.028
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	12.081

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: chiusure verticali opache: coibentazione dall'esterno a cappotto;
- EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 3: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli;
- EEM 4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche;
- EEM 6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza;
- EEM 7: installazione di impianto fotovoltaico;
- SCN 1: EEM3 + EEM5 + EEM6 + EEM7;
- SCN 2: EEM2 + EEM3 + EEM5 + EEM6 + EEM7.

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

	CON INCENTIVI													
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	ANNI	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[-]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	8,7	9,0	4.611	0	0	397.974	19,7	>30	30	<0	-3,1%	-0,45	n/a	n/a
EEM 2	39,6	40,9	20.975	0	0	567.359	19,7	>30	30	<0	2,8%	-0,11	n/a	n/a
EEM 3	4,2	4,3	2.220	0	0	84.758	18,8	>30	30	<0	2,9%	-0,08	n/a	n/a
EEM 4	10,6	10,9	5.602	1.748	929	75.107	4,9	6,6	15	38.623	12,9%	0,51	n/a	n/a
EEM 5	42,7	42,6	22.599	1.748	929	82.005	2,6	2,8	15	193.905	34,2%	2,36	n/a	n/a
EEM 6	5,6	5,0	2.985	0	0	63.554	9,5	10,8	8	<0	-5,4%	-0,27	n/a	n/a
EEM 7	9,4	8,3	4.960	0	0	60.305	11,7	16,3	20	7.418	5,5%	0,12	n/a	n/a
SCN 1	45,1	45,6	19.572	1.433	762	290.621	11,1	13,2	15	9.015	12,0%	0,03	1,04	1,38
SCN 2	75,5	76,9	32.754	1.433	762	848.559	21,5	>25	25	-	2,41%	-	0,82	1,30

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

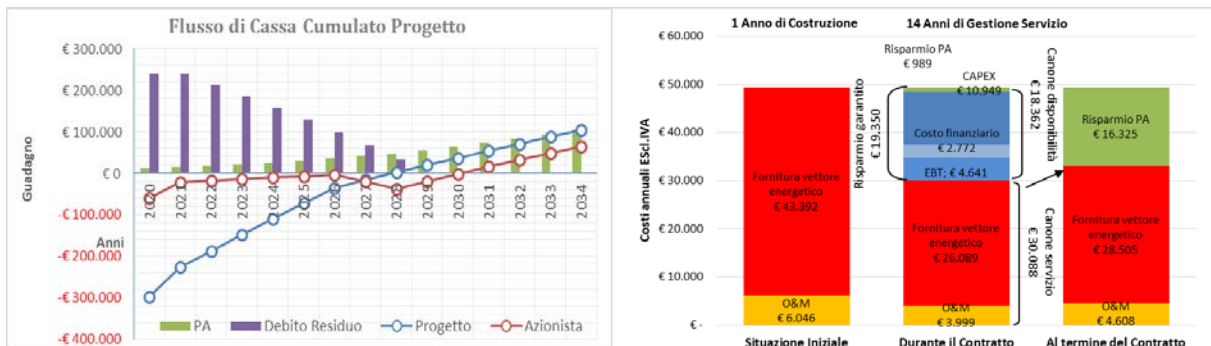
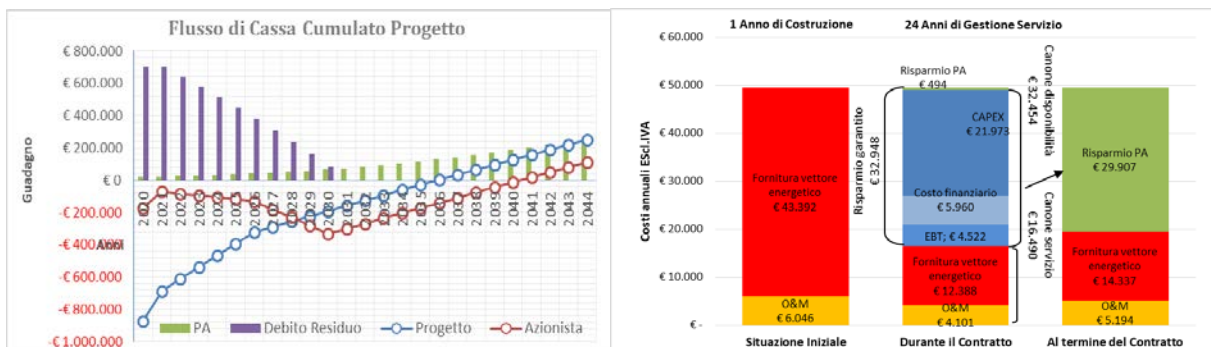


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono, nel rispetto dei vincoli dell'edificio oggetto di DE, sia l'involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile. Nella selezione degli interventi da combinare per la definizione degli scenari si è tenuto conto, per quanto possibile, delle richieste della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3); tuttavia, la necessità del doppio salto di classe non lo ha reso sempre possibile, vista la necessità di ricorrere ad interventi molto efficaci dal punto di vista della riduzione del fabbisogno energetico, ma allo stesso tempo anche particolarmente onerosi da un punto di vista economico. Entrambi gli scenari individuati consentono il salto di due classi e tempi di ritorno inferiori rispettivamente a 15 e 25 anni, tuttavia solo lo scenario SCN1, che esclude la sostituzione dei serramenti, risulta ottimale dal punto di vista della sostenibilità finanziaria.



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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a nord-ovest (ingresso scuola primaria)



### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCT, sezione A, foglio 11 Mapp. 1458[LP1][VB2] è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Granarolo, compreso nella ex circoscrizione di San Teodoro, nel Municipio II - Centro Ovest.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad asilo nido, scuola dell'infanzia, scuola primaria e scuola secondaria di primo grado.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio	-	1978
Anno di ristrutturazione	-	2014: metanizzazione centrali termiche
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso	-	E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	4.646[LP3][VB4]
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	7.521
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	19.092
Rapporto S/V	[1/m]	0,39
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	5.657

Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	3.300
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	8.957
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori di calore standard modulanti a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	963 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Combinato con il sistema di riscaldamento con accumulo
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	133,6
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	527.082
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	40.249
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	58.028
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	12.081

Nota (1): Valori di Baseline

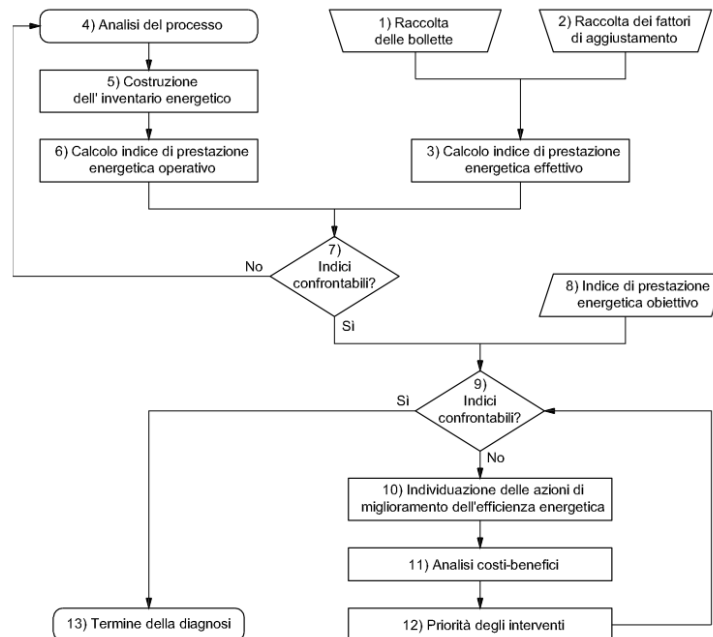
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data [22/11/2017] con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

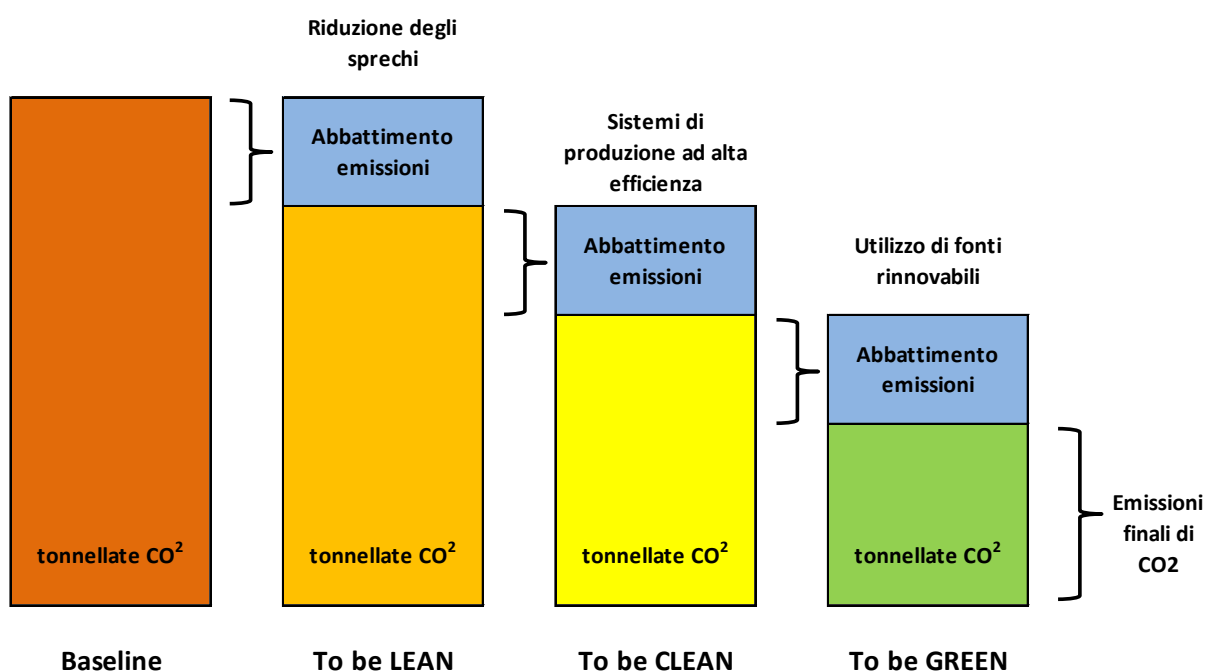
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite 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.

Pertanto, 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 dalla baseline e 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 riqualificazione 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 un'analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

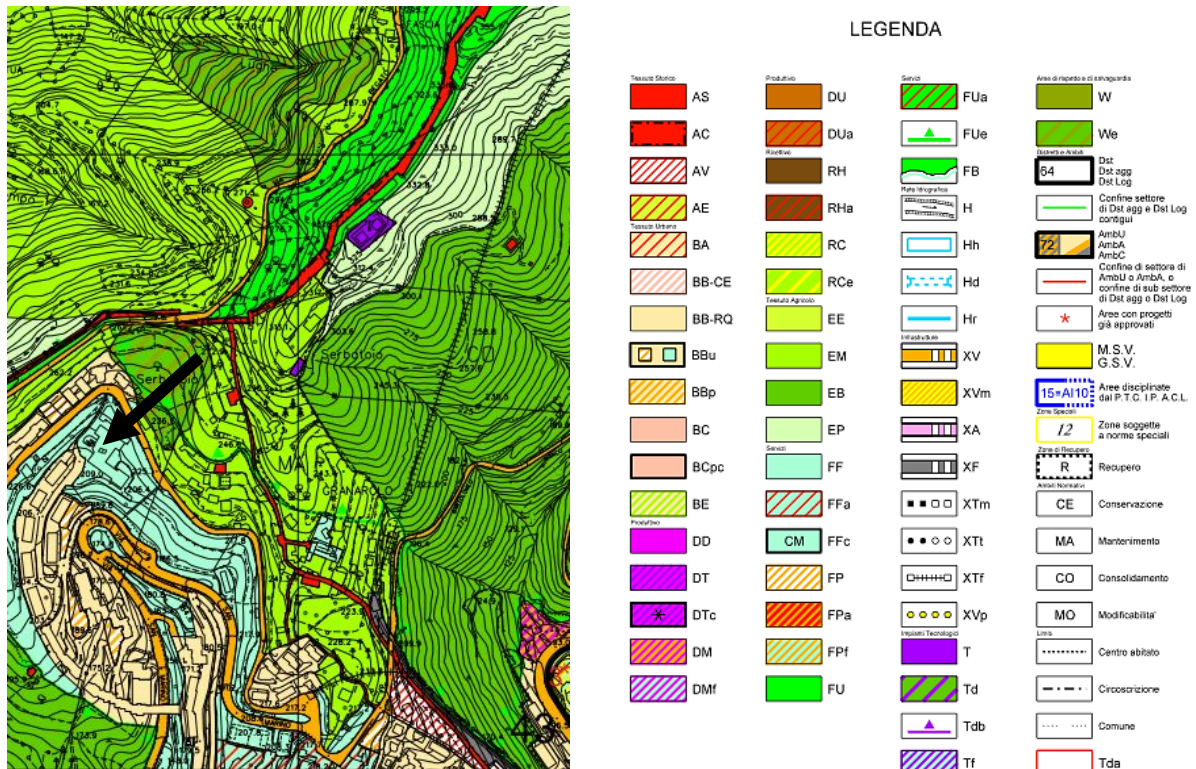


## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore del 03/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF, zona destinata a "servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è stato realizzato alla fine degli anni '70 per far fronte alla crescita della popolazione del quartiere ed alla conseguente necessità di costruire nuove strutture scolastiche. Dall'anno scolastico 1978/79 il fabbricato ospita l'asilo nido, la scuola dell'infanzia e la scuola primaria, mentre la scuola secondaria si trasferisce presso il complesso a partire dall'anno scolastico 1984/85.

Benchè si tratti di un unico corpo di fabbrica, quest'ultimo è servito da due distinte centrali termiche:

- una centrale termica per l'asilo nido Aquilone;
- una centrale termica per le scuole dell'infanzia e primaria Monte Grappa e la scuola secondaria di primo grado Bixio.

Entrambe le centrali, precedentemente a gasolio, sono state metanizzate nel 2014.

L'intero edificio ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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

L'edificio è frequentato giornalmente da circa 440 utenti tra studenti, docenti e collaboratori. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 6 piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alle attività didattiche.

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

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

Figura 2.2 - Vista satellitare dell'edificio (Fonte: Google Maps)



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	Asilo nido: aule, locali di servizio e centrale termica	[m <sup>2</sup> ]	366,9	297,1	0
Primo	Asilo nido: aule e cucina	[m <sup>2</sup> ]	368,0	329,5	0
Primo	Scuola dell'infanzia: uffici, aule, centrale termica e altri locali tecnici	[m <sup>2</sup> ]	564,0	409,9	0
Secondo	Asilo nido: aule e servizi igienici	[m <sup>2</sup> ]	335,0	304,3	0
Secondo	Scuola dell'infanzia: aule, servizi igienici, refettori e cucina	[m <sup>2</sup> ]	846,0	773,6	0
Secondo	Palestre e spogliatoi	[m <sup>2</sup> ]	595,0	539,6	0
Terzo	Scuola dell'infanzia: locali non riscaldati	[m <sup>2</sup> ]	153,0	0	0
Terzo	Scuola primaria: aule, ingresso, sala medica, servizi igienici, vani scale non riscaldati	[m <sup>2</sup> ]	611,0	484,1	0
Quarto	Scuola primaria: aule, palestra, servizi igienici, vani scale non riscaldati	[m <sup>2</sup> ]	1.000,0	868,1	0
Quinto	Scuola secondaria: aule, servizi igienici, vani scale non riscaldati	[m <sup>2</sup> ]	558,0	454,5	0
Sesto	Scuola secondaria: laboratori, servizi igienici e vani scale non riscaldati	[m <sup>2</sup> ]	260,0	185,1	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>5.656,90</b>	<b>4.645,80</b>	<b>0,00</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

Il quartiere Granarolo è situato in collina, sopra il quartiere del Lagaccio e di fianco al parco del Peralto. È collegato con la zona a valle del quartiere di San Teodoro e con la stazione ferroviaria di Genova-Principe da diverse strade urbane, aperte nel dopoguerra (in precedenza esisteva solo la ripida mattonata di Salita Granarolo).



Come mostra la Figura 2.3, che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio ricade comunque in un'area di bellezze d'insieme.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti; si procede pertanto alla compilazione della Tabella 2.2.

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

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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: chiusure verticali opache: coibentazione dall'esterno a cappotto	Bellezze di insieme		Da sottoporre al parere della Soprintendenza
EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche	Bellezze di insieme		Da sottoporre al parere della Soprintendenza
EEM 3: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli	Bellezze di insieme		Da sottoporre al parere della Soprintendenza
EEM 4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	-		-
EEM 7: installazione di impianto fotovoltaico	Bellezze di insieme		Da sottoporre al parere della Soprintendenza

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 occupazione dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico (7.30 – 17.00 da lunedì a venerdì), mentre i periodi di funzionamento dell'impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (centrale termica asilo nido: 12 ore giornaliere da lunedì a venerdì; centrale termica scuola infanzia, primaria e secondaria: 11 ore giornaliere da lunedì a venerdì). Non sono invece disponibili i dati delle temperature di settaggio del riscaldamento ma li si è ipotizzati sulla base dei rilievi eseguiti.

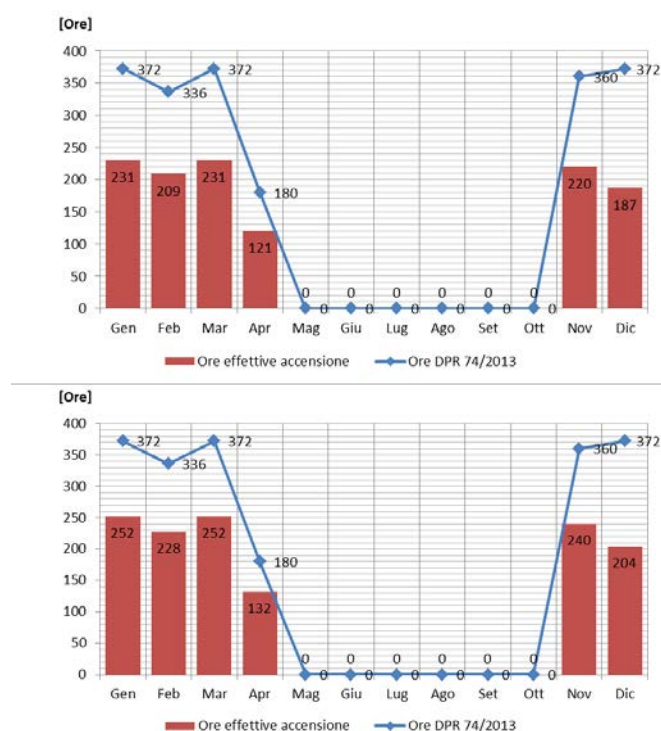
Nella Tabella 2.3 sono riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale intranet regionale, segnala l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto il personale docente utilizza l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Asilo nido Aquilone			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.30-18.00	6:00-18:00
Scuola dell'infanzia Monte Grappa			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	8.00-17.00	6:00-17:00
Scuola primaria Monte Grappa			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.55-16.00	6:00-16:00
Scuola secondaria di primo grado Succu Bixio			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.50-13.50	6:00-17:00

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dei due impianti termici



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni per tutte le scuole ad eccezione della scuola secondaria di primo grado, in quanto il relativo circuito dell'impianto di riscaldamento è comune con quello della scuola primaria. L'impianto quindi funziona 11 ore giornaliere indipendentemente dalla minor occupazione pomeridiana.

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, comprensivo quindi di tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici – inclusa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile – e di tutti gli impianti ad essi connessi. Il contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 e ha una durata di 6 anni.

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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

	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Mese		[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]		
<b>Gennaio</b>	31	10,4	31	298	21	21	202	22%
<b>Febbraio</b>	28	10,5	28	266	19	19	181	19%
<b>Marzo</b>	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
<b>Aprile</b>	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
<b>Maggio</b>	31	18,7	-	-	21	-	0	-
<b>Giugno</b>	30	22,4	-	-	20	-	0	-
<b>Luglio</b>	31	24,6	-	-	20	-	0	-
<b>Agosto</b>	31	23,6	-	-	0	-	0	-
<b>Settembre</b>	30	22,2	-	-	20	-	0	-
<b>Ottobre</b>	31	18,2	-	-	21	-	0	-
<b>Novembre</b>	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
<b>Dicembre</b>	31	10,0	31	310	17	17	170	18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>220</b>	<b>109</b>	<b>929</b>	<b>100%</b>

### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale-Foce (GECF).

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

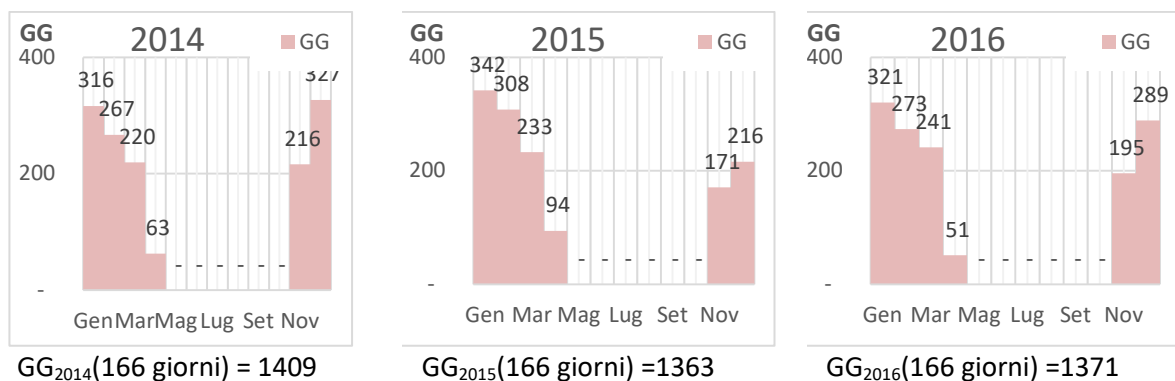
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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

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

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

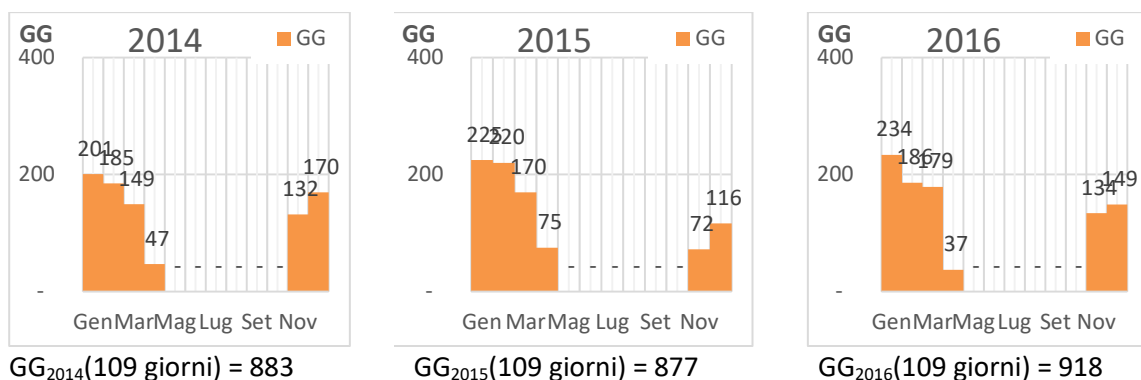


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

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

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



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



## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'edificio scolastico risulta costruito con una struttura portante in travi e pilastri in calcestruzzo, con tamponamento in laterizio.

Nello specifico, la muratura perimetrale è caratterizzata da una cassa vuota in mattoni forati con isolamento nell'intercapedine. La finitura esterna si alterna lungo le facciate tra due distinte tipologie: con intonaco e con pannelli di calcestruzzo a vista.

Tutti i solai, di basamento, interpiano e di copertura, sono realizzati in laterocemento. La copertura, presumibilmente coibentata come la muratura perimetrale, visto l'anno di costruzione, è impermeabilizzata mediante una guaina in bitume.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir T 335.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- evidenza di ponti termici lineari orizzontali e verticali, tipici dei fabbricati con struttura portante in travi e pilastri;
- individuazione della trama muraria in mattoni, osservabile all'infrarosso per via del differente comportamento termico del laterizio che compone i mattoni rispetto alla malta che li separa.

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

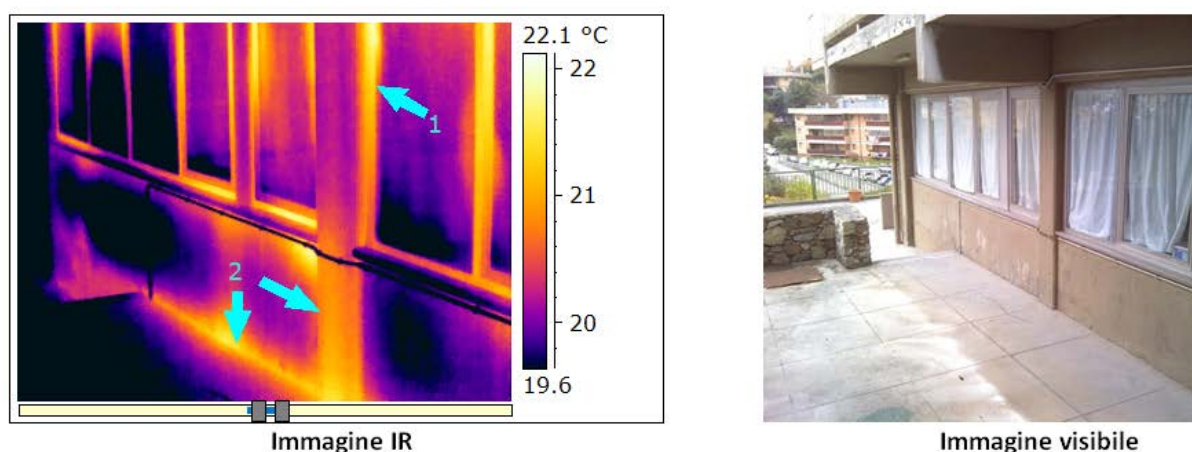
Figura 4.1 – Particolari di pareti verticali: parete intonacata e parete rivestita in calcestruzzo.



Figura 4.2 - Particolare della coperture piana



Figura 4.3 – Rilievo termografico della muratura esterna dell’asilo esposta a sud-est



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muratura perimetrale intonacata	M1	30	presente	0,652	discreto
Muratura perimetrale rivestita cls	M2	32	presente	0,639	discreto
Muratura verso CT	M3	27	assente	0,945	discreto
Muratura vani scale	M4	20	assente	1,076	discreto
Basamento su terreno	S1	30	assente	1,402	discreto
Solaio su spazio aperto	S2	32	assente	1,300	discreto
Solaio su non riscaldato	S3	30	assente	0,763	discreto
Solaio sotto ambiente non riscaldato	S4	30	assente	0,623	discreto
Copertura piana	C1	29	assente	0,661	discreto

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



#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti in metallo senza taglio termico con vetro singolo.

Solo pochi serramenti sostituiti sono dotati di vetrocamera. Sono inoltre presenti delle vetrate di tipo U-glass nei vani scale.

Lo stato di conservazione dei serramenti è sufficiente, tuttavia la tipologia di vetro e telaio comporta notevoli dispersioni termiche.

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

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

Figura 4.4 - Particolari dei serramenti



La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Finestre in metallo vetro singolo da 4 mm; portefinestre in metallo con vetro singolo da 8 mm; alcune finestre in metallo e vetro doppio da 6-12-4 mm
- Dispersioni termiche dai telai con forti spifferi all'intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti

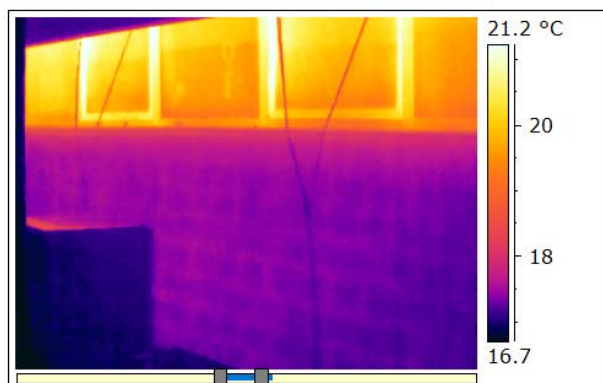


Immagine IR



Immagine visibile

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramenti tipo 1	F01; F09; F10; da F16 a F32	F01 (560x300) - F10 (540x160) - F11 (510x100) - F16 (215x300) - F17 (115x140) - F18 (115x225) - F19 (90x50) - F20 (115x215) - F21(110x190) - F22 (445x100) - F23 (200x100) - F24 (120x210) - F25 (150x210) - F26 (215x160) - F27 (230x240) - F28 (220x300) - F29	Metallo	Singolo 8 mm	5,8	Sufficiente

		(330x230) - F30 (220x230) - F31 (555x250) - F32 (285x215)				
Serramenti tipo 2	da F02 a F09; F12; F13; F14b; F15b;	F02 (110x100) - F03 (220x215) - F04 (330x215) - F05 (110x275) - F06 (210x215) - F07 (105x305) - F08 (110x60) - F09 (560x215) - F12 (465x140) - F13 (465x50) - F14b (580x140) - F15b (580x50)	Metallo	Singolo 4 mm	5,7	Sufficiente
Serramenti tipo 3	F14 - F15	F14 (580x140) - F15 (580x50)	Metallo	Doppio	3,8	Sufficiente
Serramenti tipo 4	Uglass	240x300	-	Uglass	3,0	Sufficiente

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

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

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

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Edificio	radiatori	94%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	13	21,48	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	39	66,75	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	74	162,25	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	23	39,14	0,00
Quarto	Su parete interna/esterna non isolata	38	73,37	0,00
Quinto	Su parete interna/esterna non isolata	21	41,6	0,00
Sesto	Su parete interna/esterna non isolata	10	26,2	0,00
<b>TOTALE</b>		<b>218</b>	<b>430,79</b>	<b>0,00</b>

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

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione della centrale termica è realizzata mediante valvole miscelatrici (una per la centrale termica dell'asilo e 2 per la centrale termica delle scuole infanzia, primaria e secondaria) e valvole deviatrici, comandate dalle sonde climatiche esterne e dalle sonde di temperatura sulle tubazioni di mandata dei generatori.

Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non è in possesso di informazioni sulle temperature impostate.

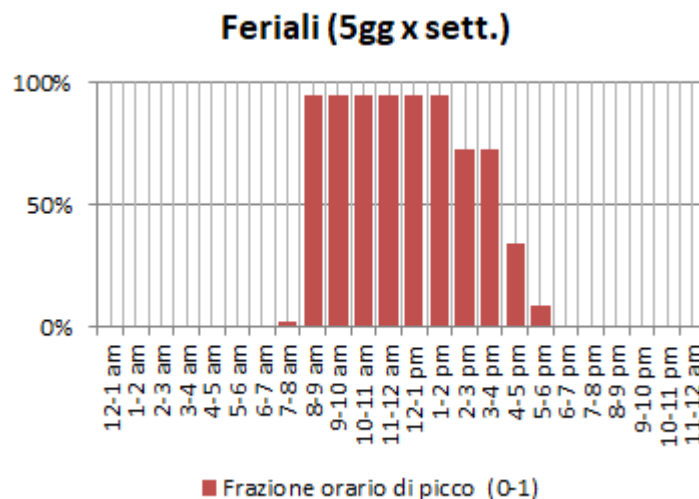
Figura 4.7 - Particolare valvola miscelatrice asilo nido



Figura 4.8 – Sonde climatiche esterne



Figura 4.9 - Profilo di utilizzo dell'edificio



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Asilo nido	Climatica	86%
Scuola infanzia, primaria e secondaria	Climatica + zona	93%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione della centrale termica dell'asilo è costituito da un collettore di mandata servito da un'unica pompa gemellare, dal quale si diramano 4 circuiti

Nella centrale termica delle scuole infanzia, primaria e secondaria, sono invece presenti pompe gemellare dedicate a ciascun circuito (1 circuito per la scuola dell'infanzia ed uno per le scuole primaria e secondaria), posizionate a valle del collettore principale.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(5)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(6)</sup> [m]	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup> [W]
Grundfos UPSD 50-120/F gemellare	Mandata asilo	-	-	720
Grundfos UPSD 50-120/F gemellare	Mandata scuola infanzia	-	-	720
Grundfos UPSD 80-60/F gemellare	Mandata scuola primaria e secondaria	-	-	880

Nota (5): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (6): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

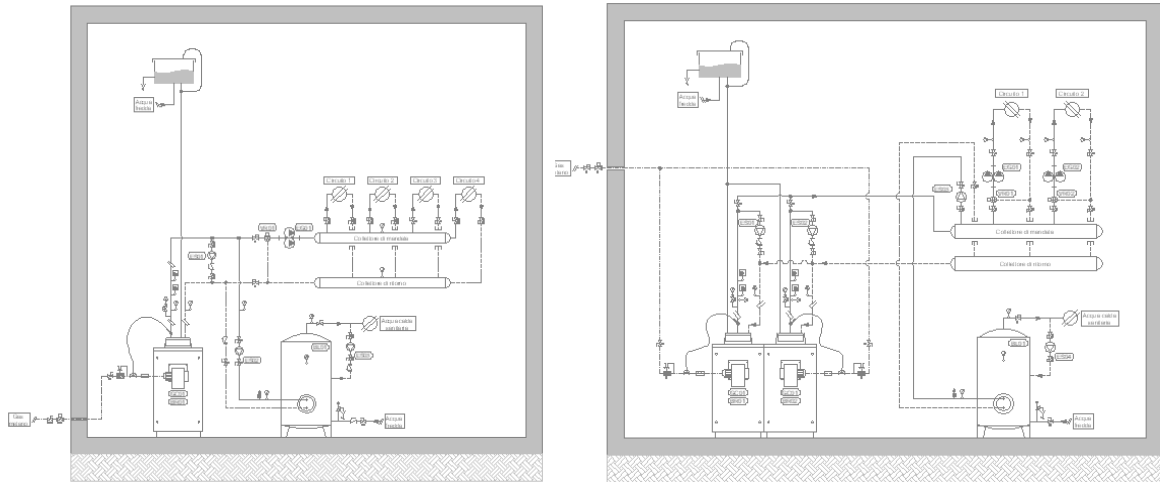
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(1)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(2)</sup>
			°C	°C
GEN1 = GEN2=GEN3	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	65

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

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.10 - Particolare degli schemi di impianto (Fonte: Tavola 138-P00-001.dwg e Tavola 139-P00-001.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 92,3% (riferimento normativo 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 dell'asilo è costituito da una caldaia a basamento modulante THERMITAL THE/NG 200 N, installata nel 2003, con bruciatore Baltur TBG 35 P.

Nella centrale termica delle scuole infanzia, primaria e secondaria sono invece presenti 2 generatori identici a basamento modulanti THERMITAL THE/NG 300 N, con bruciatore Baltur TBG 45 P.

Figura 4.11 - Generatori di calore



Figura 4.12 - Bruciatori







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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1	Riscaldamento asilo nido	THERMITAL	THE/NG 200 N	2003	263	241	91,5 %	880
Gen 2	Riscaldamento scuola infanzia, primaria e secondaria	THERMITAL	THE/NG 300 N	2002	395	361	91,4%	690
Gen 3	Riscaldamento scuola infanzia, primaria e secondaria	THERMITAL	THE/NG 300 N	2002	395	361	91,4%	690

Nota (1) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari all'87% per il riscaldamento e al 69% per al produzione di ACS.

Il rendimento da scheda tecnica delle caldaie in esame è pari al 91,5% per il gen1 e 91,4% per i Gen2 e Gen3.

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

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

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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite le medesime caldaie del sistema di riscaldamento, le quali sono abbinate a dei bollitori ad accumulo:

- un bollitore da 350 litri al servizio dell'asilo nido;
- un bollitore da 230 litri al servizio di scuola infanzia, primaria e secondaria.

Figura 4.13 - Particolare dei sistemi di accumulo dell'ACS posizionati nelle due centrali termiche



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	89,3%	33%	98,7%	58%	21%
100%	89,3%	33%	85,7%	90%	

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

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

Non presente

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

Non presente

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, stampanti e altri dispositivi di supporto alle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z2, Z9, Z11, Z12	PC desktop	13	330	4.290	880 (4h x 208gg)
Z9, Z10	Notebook	8	90	720	880 (4h x 220gg)
Z2, Z4, Z6, Z9	Stampante da tavolo	4	200	800	73 (0,33h x 220gg)
Z9, Z2	Stampante multifunzione	2	600	1.200	73 (0,33h x 220gg)
Z9, Z11	Rack	2	200	400	8.760 (24h x 365gg)
Z9	Tv	1	250	250	73 (4h x 220gg)
Z7	Distributore bevande/snack	3	1.500	4.500	8.760 (4h x 220gg)
Z9	Fornetto	1	800	800	73 (0,33h x 220gg)
Z9	Forno a microonde	1	1.000	1.000	73 (0,33h x 220gg)
Z4, Z9, Z11	Frigorifero piccolo	3	50	150	8.760 (24h x 365gg)
Z2, Z7	Frigorifero grande	2	100	200	8.760 (24h x 365gg)
Z12	LIM	1	340	340	770 (3,5h x 220gg)
Z2, Z7	Lavastoviglie	2	5.000	10.000	73 (0,33h x 220gg)
Z12	Scanner	1	30	30	44 (0,2h x 220gg)
Z9, Z12	Stereo	2	20	40	44 (0,2h x 220gg)
Z1	Lavatrice	2	600	1.200	73 (0,33h x 220gg)
Z1	Asciugatrice	1	600	600	73 (0,33h x 220gg)
Z2, Z7	Scaldavivande	2	4.200	8.400	73 (0,33h x 220gg)
Z2, Z7	Cappa	2	250	500	73 (0,33h x 220gg)
Z10	Proiettore	1	50	50	33 (0,33h x 100gg)
Z1, Z2, Z5	Ventilatore	6	65	390	88 (0,4h x 220gg)

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

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti lineari e lampade a incandescenza.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti



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



Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1	Fluorescente lineare 1x36 W	21	0,036	0,756
	Fluorescente lineare 1x18 W	7	0,018	0,126
Z2	Fluorescente lineare 1x36 W	22	0,036	0,792
	Fluorescente lineare 1x18 W	5	0,018	0,09
Z3	Fluorescente lineare 1x36 W	18	0,036	0,648
	Fluorescente lineare 1x18 W	2	0,018	0,036
Z4	Fluorescente lineare 1x36 W	12	0,036	0,432
	Fluorescente lineare 1x18 W	2	0,018	0,036
	Fluorescente lineare 1x58 W	2	0,058	0,116
Z5	Fluorescente lineare 1x36 W	3	0,036	0,108
	Fluorescente lineare 1x18 W	29	0,018	0,522
Z6	Fluorescente lineare 1x36 W	30	0,036	1,08
	Fluorescente lineare 1x18 W	4	0,018	0,072
Z7	Fluorescente lineare 1x36 W	32	0,036	1,152
	Fluorescente lineare 1x18 W	13	0,018	0,234
Z8	Fluorescente lineare 1x36 W	15	0,036	0,54
	Fluorescente lineare 1x18 W	8	0,018	0,144
	Proiettore con lampada a ioduri metallici	10	0,250	2,5
Z9	Fluorescente lineare 1x36 W	47	0,036	1,692
	Fluorescente lineare 1x18 W	8	0,018	0,144
Z10	Fluorescente lineare 1x36 W	8	0,036	0,288
	Fluorescente lineare 1x18 W	33	0,018	0,594
	Fluorescente lineare 1x58 W	6	0,058	0,348
	Fluorescente lineare 2x36 W	41	0,072	2,952
Z11	Fluorescente lineare 1x18 W	2	0,018	0,036
	Fluorescente lineare 1x58 W	23	0,058	1,334
	Fluorescente lineare 2x36 W	24	0,072	1,728
Z12	Fluorescente lineare 1x18 W	9	0,018	0,162
	Fluorescente lineare 2x36 W	44	0,072	3,168

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

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

Non presente

## 5 CONSUMI RILEVATI

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;
- Gasolio;
- Energia elettrica

### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale, a partire dalla fine del 2014 è il gas metano. Precedentemente veniva utilizzato il gasolio.

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> ]
Gasolio	11,87 <sup>(1)</sup>	0,85	n/a	n/a	10,09
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(1)</sup>	1,0549	9,42

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori, uno al servizio della centrale termica dell'asilo nido ed uno al servizio della centrale termica delle scuole infanzia, primaria e secondaria. È infine presente un terzo contatore, il quale non è tuttavia stato preso in considerazione nella presente DE essendo nulli i relativi consumi nel triennio in esame<sup>[n5]</sup>.<sup>[LP6]</sup>

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel periodo 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 [Sm <sup>3</sup> ]	2015 [Sm <sup>3</sup> ]	2016 [Sm <sup>3</sup> ]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
16220050621866	Riscaldamento – gas CT asilo	5.830	22.187	22.279	54.918	211.826	209.868
3270050360228	Riscaldamento – gas CT scuole infanzia, primaria e secondaria	3.934	30.226	33.899	37.057	284.733	319.329
<sup>[LP7]</sup>	Riscaldamento - gasolio	20.294	-	-	204.756 <sup>[n8]</sup>	-	-

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

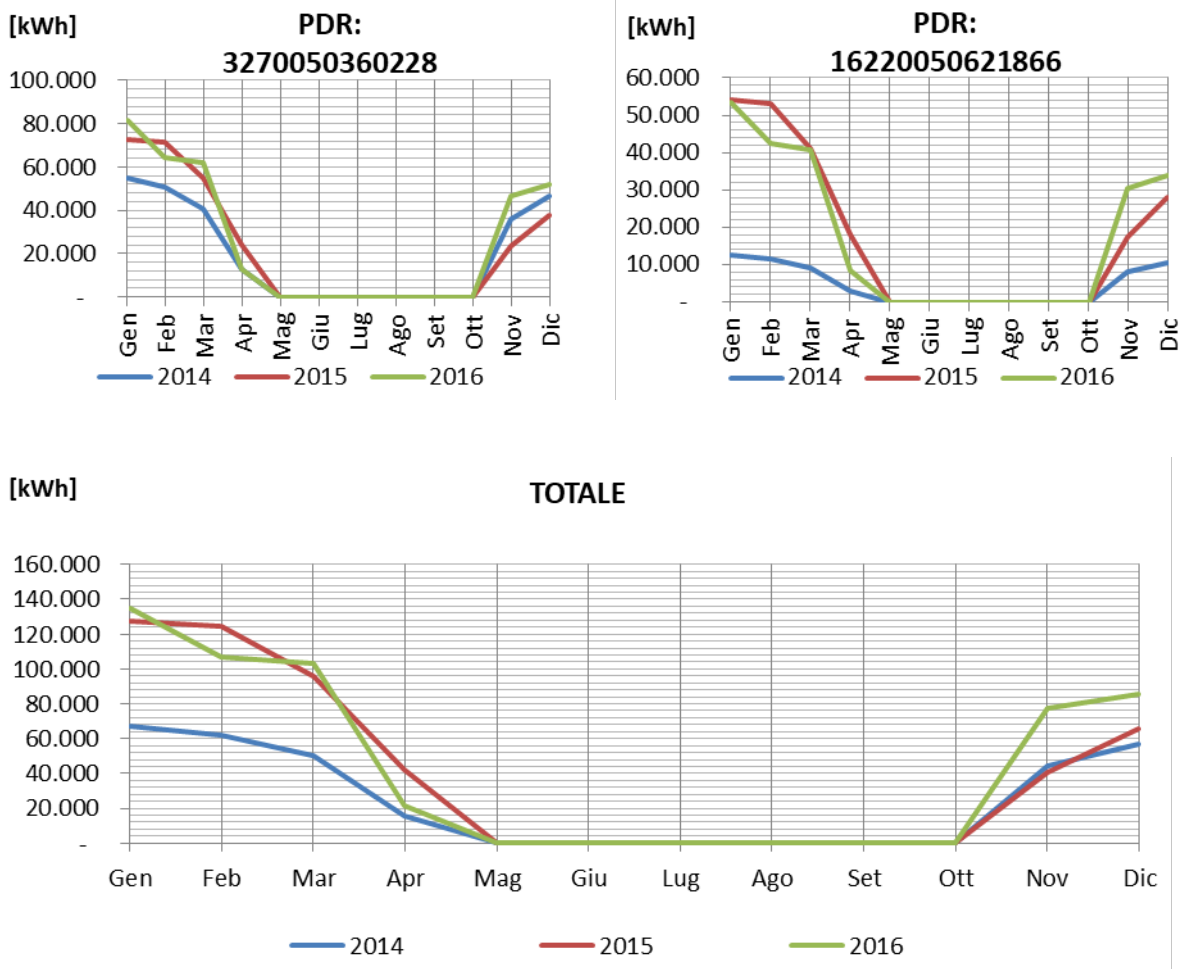
La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella tabella seguente.

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

PDR: 3270050360228	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[l]
Gennaio	894	7.739	8.634	54.971	72.898	81.336	4.613
Febbraio	823	7.566	6.864	50.591	71.273	64.660	4.246
Marzo	665	5.845	6.598	40.906	55.056	62.157	3.433
Aprile	209	2.576	1.375	12.843	24.265	12.955	1.078
Maggio	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	586	2.488	4.939	36.030	23.437	46.521	3.024
Dicembre	756	4.013	5.488	46.471	37.803	51.700	3.900
<b>Totale</b>	<b>3.934</b>	<b>30.226</b>	<b>33.899</b>	<b>241.813</b>	<b>284.733</b>	<b>319.329</b>	<b>20.294</b>
PDR: 16220050621866	2014	2015	2016	2014	2015	2016	
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
Gennaio	1.325	5.757	5.675	12.484	54.233	53.455	
Febbraio	1.220	5.629	4.511	11.490	53.023	42.496	
Marzo	986	4.348	4.337	9.290	40.959	40.851	
Aprile	310	1.916	904	2.917	18.052	8.514	
Maggio	-	-	-	-	-	-	
Giugno	-	-	-	-	-	-	
Luglio	-	-	-	-	-	-	
Agosto	-	-	-	-	-	-	
Settembre	-	-	-	-	-	-	
Ottobre	-	-	-	-	-	-	
Novembre	869	1.851	3.246	8.183	17.436	30.575	
Dicembre	1.120	2.986	3.607	10.554	28.124	33.978	
<b>Totale</b>	<b>5.830</b>	<b>22.487</b>	<b>22.279</b>	<b>54.918</b>	<b>211.826</b>	<b>209.868</b>	

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	877	929	41.853	394.254	450	417.631	102.302	0
2016	918	929	44.604	420.170	458	425.205	109.027	0
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>929</b>	<b>43.228</b>	<b>407.212</b>	<b>454</b>	<b>421.418</b>	<b>105.665</b>	<b>0</b>

Come si può notare dai dati riportati, il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento dei consumi paragonabile tra 2015 e 2016. Il 2014 non è stato preso in considerazione in quanto in tale anno è avvenuta la riqualificazione della centrale termica con il cambio di combustibile.

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]
$\overline{Q}_{ACS}$	105.665 <sup>[1]</sup>
$\overline{Q}_{ALTRO}$	0,0
$\overline{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	421.418
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>527.082</b>

Nota (1) Il valore relativo all'ACS è stato determinato utilizzando la % di energia termica per l'ACS elaborata dal software in condizioni adattate all'utenza.

### 5.1.2 Energia elettrica

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

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 sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel periodo di riferimento. Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098055	Intero edificio	59.320	58.282	56.481	58.027,67

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-E1576 e sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture per tutti i 3 anni considerati risultano essere inferiori rispetto a quelli del file kyotoBaseline-E1576, rispettivamente di 3.739, 3.665 e 11.295 kWh;

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 63.059 kWh; anno 2015 61.947 kWh; anno 2016 67.776 kWh.

La 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 58.028 kWh.

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

POD: IT001E00098055	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	5.128	1.030	1.213	7.371
Feb - 14	4.584	956	1.000	6.540
Mar - 14	4.603	939	1.032	6.574
Apr - 14	3.664	751	887	5.302
Mag - 14	3.432	808	914	5.154
Giu - 14	2.367	598	834	3.799
Lug - 14	1.627	574	744	2.945
Ago - 14	372	333	586	1.291
Set - 14	2.520	692	747	3.959
Ott - 14	3.877	826	846	5.549
Nov - 14	3.917	782	952	5.651
Dic - 14	3.564	679	942	5.185
<b>Totale</b>	<b>39.655</b>	<b>8.968</b>	<b>10.697</b>	<b>59.320</b>
POD: IT001E00098055	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4.340	869	1.087	6.296
Feb - 15	4.423	893	957	6.273
Mar - 15	4.669	894	1.026	6.589
Apr - 15	2.394	538	612	3.544
Mag - 15	3.563	814	1.069	5.446
Giu - 15	2.485	624	904	4.013
Lug - 15	1.503	553	787	2.843
Ago - 15	413	356	646	1.415
Set - 15	2.441	647	915	4.003
Ott - 15	4.262	881	938	6.081
Nov - 15	4.644	839	1.003	6.486
Dic - 15	3.670	653	970	5.293
<b>Totale</b>	<b>38.807</b>	<b>8.561</b>	<b>10.914</b>	<b>58.282</b>

POD: IT001E00098055	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	4.086	786	1.100	5.972
Feb - 16	4.795	810	846	6.451
Mar - 16	4.000	762	926	5.688
Apr - 16	3.514	751	918	5.183
Mag - 16	3.736	682	799	5.217
Giu - 16	2.150	520	788	3.458
Lug - 16	1.181	470	750	2.401
Ago - 16	367	278	542	1.187
Set - 16	2.338	632	709	3.679
Ott - 16	3.910	776	844	5.530
Nov - 16	4.848	848	811	6.507
Dic - 16	3.499	735	974	5.208
Totale	38.424	8.050	10.007	56.481

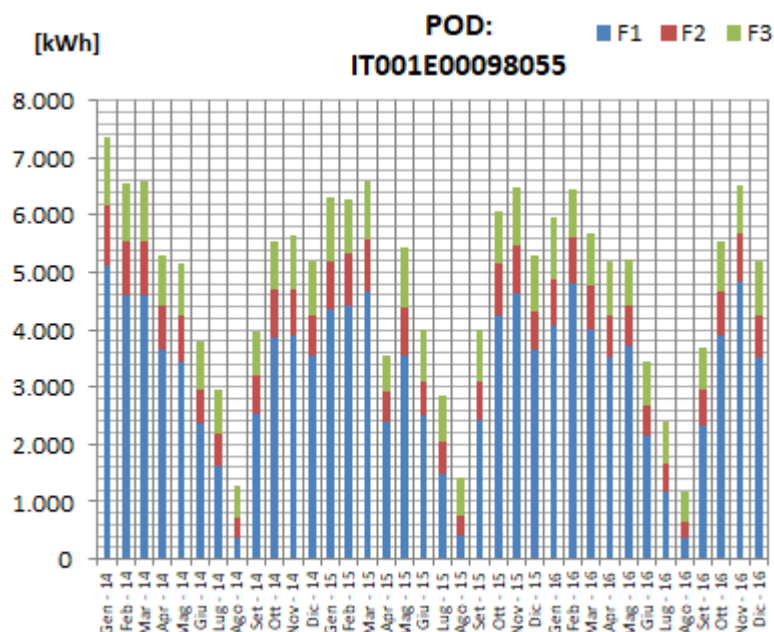
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.518	895	1.133	6.546
Febbraio	4.601	886	934	6.421
Marzo	4.424	865	995	6.284
Aprile	3.191	680	806	4.676
Maggio	3.577	768	927	5.272
Giugno	2.334	581	842	3.757
Luglio	1.437	532	760	2.730
Agosto	384	322	591	1.298
Settembre	2.433	657	790	3.880
Ottobre	4.016	828	876	5.720
Novembre	4.470	823	922	6.215
Dicembre	3.578	689	962	5.229
Totale	38.962	8.526	10.539	58.028

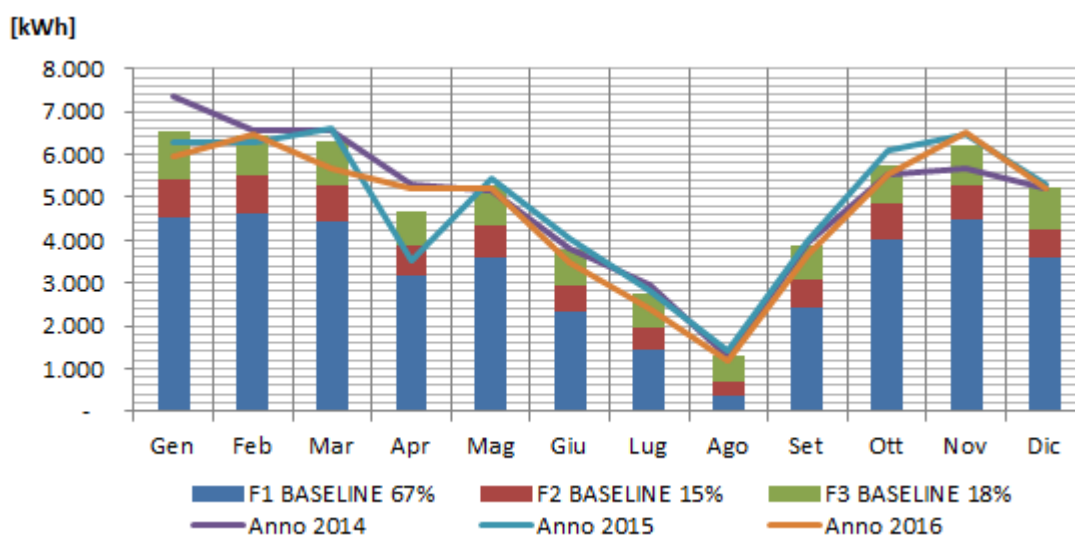
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali ed i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti maggiori nei mesi invernali, durante i quali si utilizza maggiormente l'illuminazione, e più bassi per i mesi primaverili/autunnali. I consumi sono invece molto bassi durante i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola, periodo durante il quale la struttura viene utilizzata saltuariamente solo dal corpo docenti.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00098055.



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

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

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 38,29 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

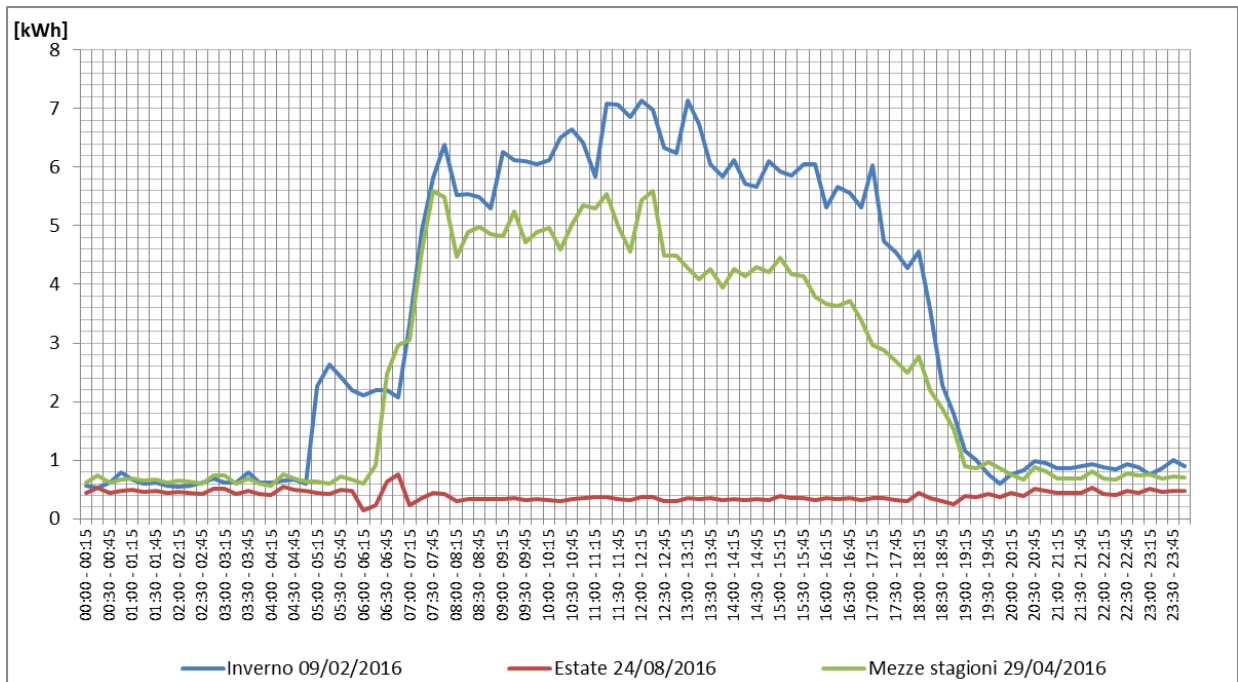
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

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

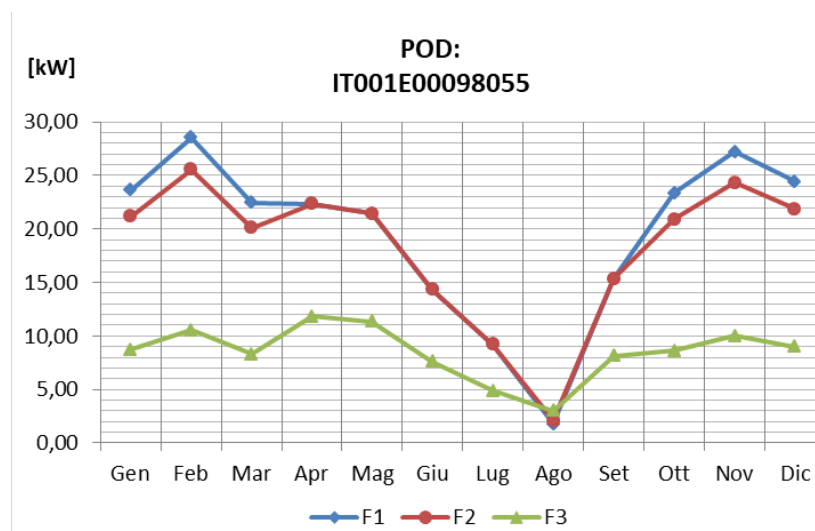
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00098055



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 18 fino al mattino alle 7.30), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come i frigoriferi e i distributori di bevande e snack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E11708597



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

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 28,54 kW e si verifica nel mese di febbraio in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

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

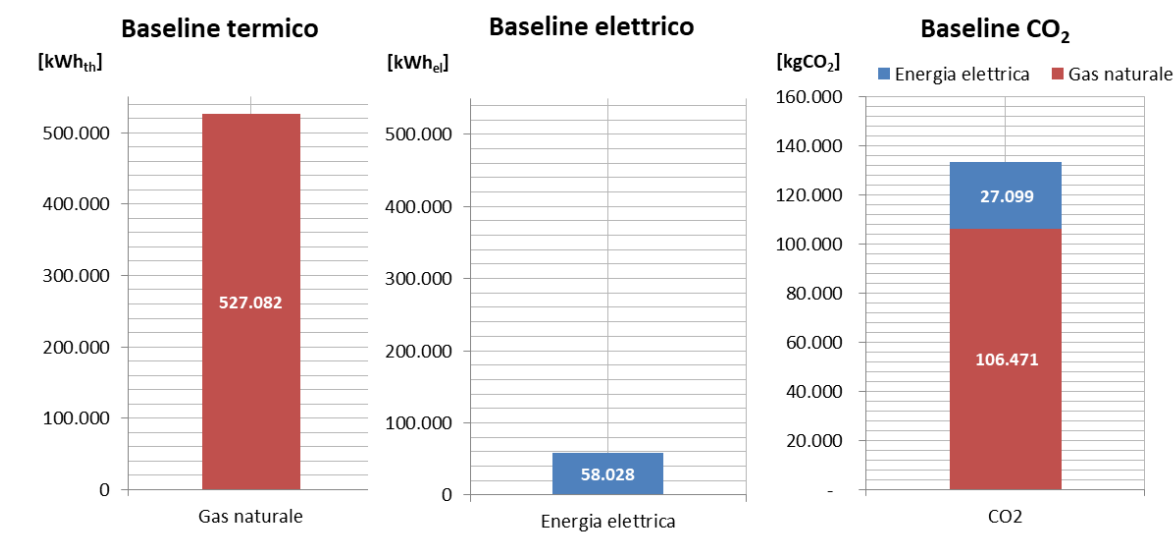
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

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

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	58.028	* 0,467	27,10
Gas naturale	527.082	* 0,202	106,47

Figura 5.6 – Rappresentazione grafica delle 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 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.646	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.946	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	19.092	m <sup>3</sup>

Nella

Tabella 5.14 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	527.082	1,05	553.436	119,1	111,9	29,0	22,92	21,53	5,58
Energia elettrica	58.028	2,42	140.428	30,2	28,4	7,4	5,83	5,48	1,42
<b>TOTALE</b>			<b>693.864,11</b>	<b>149,35</b>	<b>140,29</b>	<b>36,34</b>	<b>28,75</b>	<b>27,01</b>	<b>7,00</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	527.082	1,05	553.436	119,1	111,9	29,0	22,92	21,53	5,58
Energia elettrica	58.028	1,95	113.155	24,4	22,9	5,9	5,83	5,48	1,42
<b>TOTALE</b>			<b>666.590,95</b>	<b>143,48</b>	<b>134,77</b>	<b>34,91</b>	<b>28,75</b>	<b>27,01</b>	<b>7,00</b>

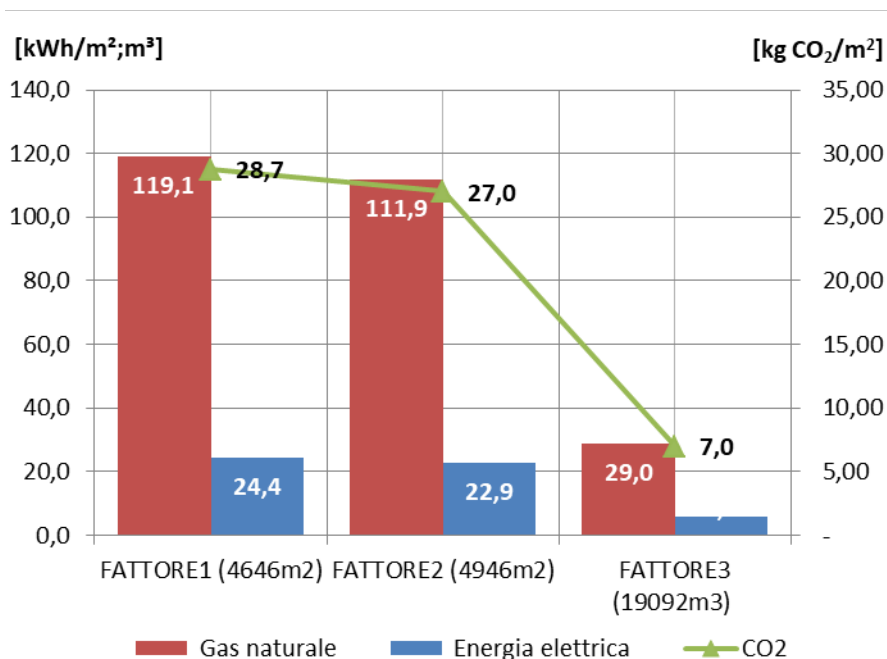
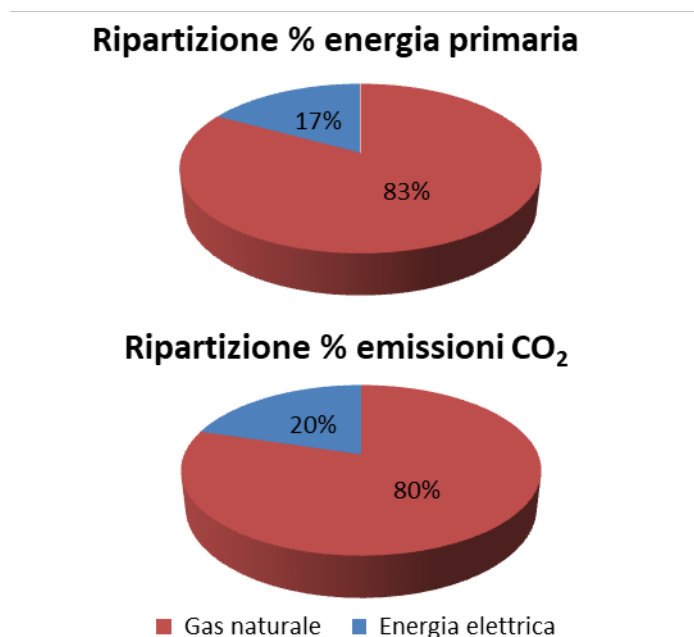
Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazione

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,9	8,1	8,8	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	11,4	11,2	10,8



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

- per l'indice IEN<sub>R</sub> valori BUONI per tutto il triennio 2014 - 2016;
- per l'indice IEN<sub>E</sub> valori SUFFICIENTI per tutto il triennio 2014 - 2016.

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

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl,nren</sub>	kWh/mq anno	398,25	388,37
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	208,07	206,94
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	145,89	145,74
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	42,68	34,39
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,61	1,30
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	86,45	86,45

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
			[kWh/anno]
Gas Naturale	162.626,59	[m <sup>3</sup> /anno]	1.608.540
Energia Elettrica	96.784,46	[kWh/anno]	188.730

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

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

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	164,16	154,54
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	96,11	95,12
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	23,76	23,73
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	42,68	34,39
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	1,61	1,30
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	40,32	40,32

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

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

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

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale (modello termico)	53.834	507.116
Energia Elettrica (modello elettrico)	-	58.476

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh /anno]	[kWh /anno]	[%]
507.116	527.082	3,9%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

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

EE <sub>teorico</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
58.476	58.028	1 %

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

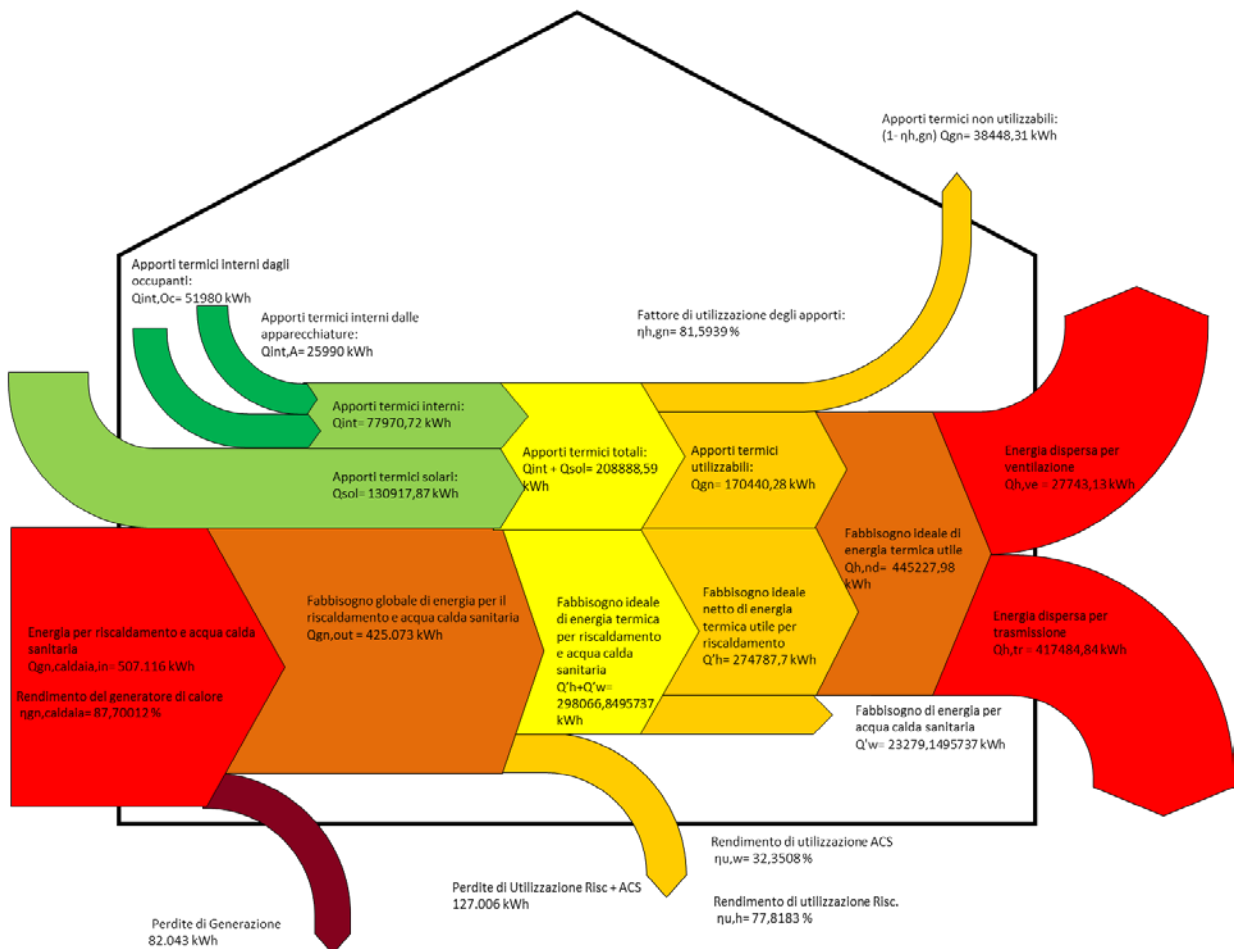
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

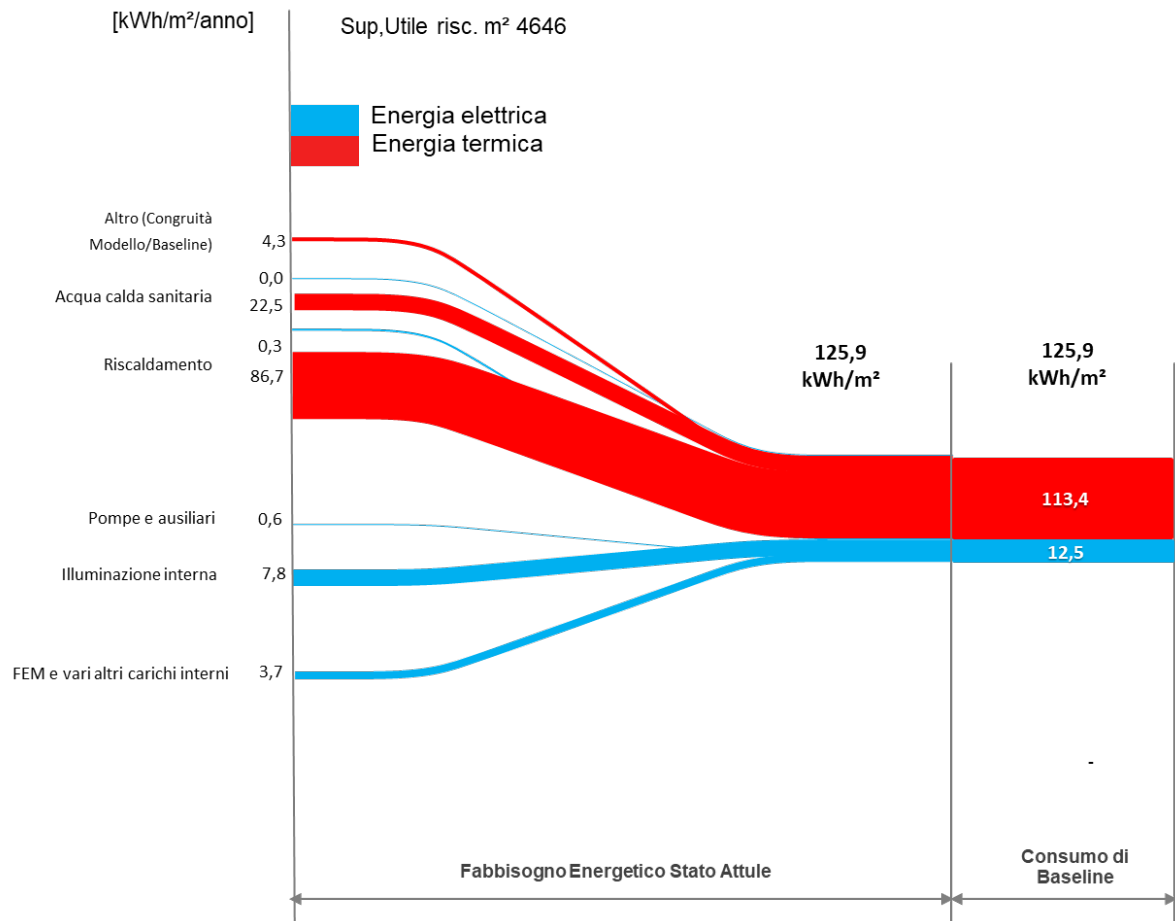
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 82% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e produzione di acs sono rispettivamente 78% e 32%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



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

Il contributo definito come "Altro – Congruit "   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 – Congruit " rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare che il gas naturale   impiegato sia per il riscaldamento sia per il servizio di produzione di ACS. Il principale utilizzo dell'energia elettrica risulta essere l'illuminazione interna.

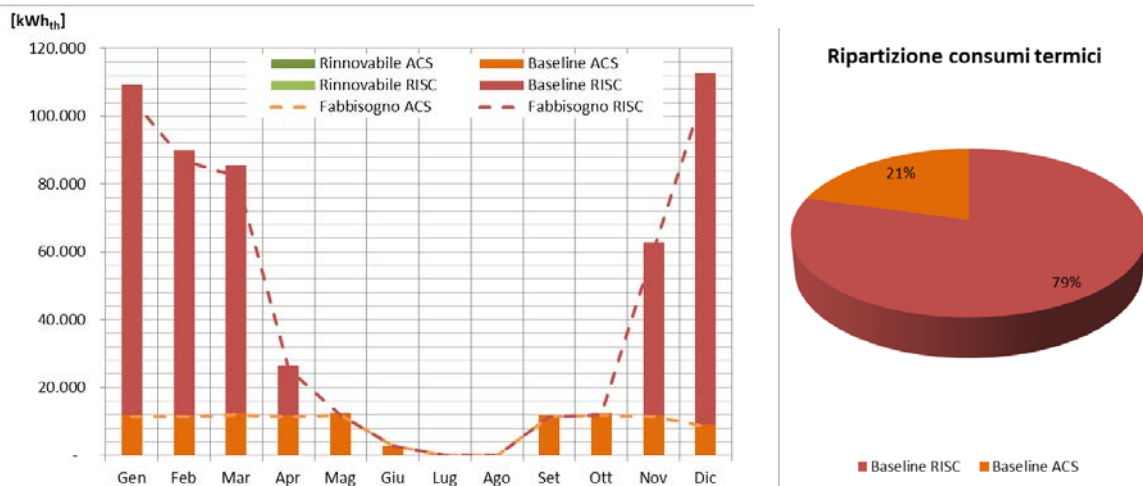


### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



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

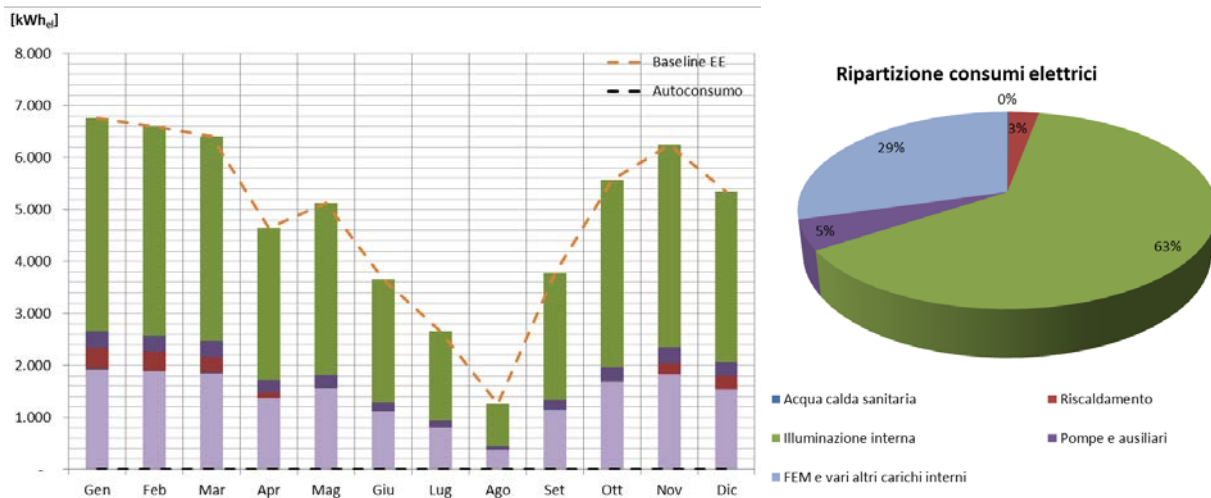
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assume come periodo di riferimento il triennio 2014 – 2015 – 2016 per quanto concerne l'energia elettrica e solo il biennio 2015 - 2016 per il gas metano, in quanto nel 2014 è avvenuto il cambio di combustibile da gasolio a gas.

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito ai PDR 16220050621866 e 3270050360228 avviene tramite un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico sia della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione.

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

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

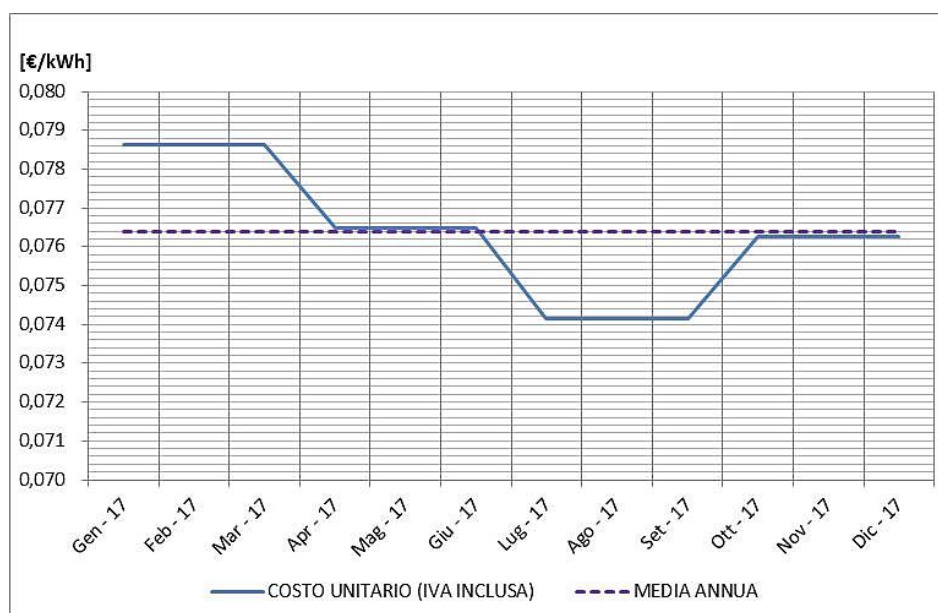
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Prezzo unitario mensile 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,079
Feb - 17	0,079
Mar - 17	0,079
Apr - 17	0,076
Mag - 17	0,076
Giu - 17	0,076
Lug - 17	0,074
Ago - 17	0,074
Set - 17	0,074
Ott - 17	0,076
Nov - 17	0,076
Dic - 17	0,076
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,0775</b>

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

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



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00098055 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00098055	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	SALITA DI GRANAROLO, 24 - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, Via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA – DIREZIONE PATRIMONIO, Via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA – DIREZIONE PATRIMONIO, Via Francia 1, 16124 Genova; COMUNE DI GENOVA, VIA GARIBALDI 9, 16124 GENOVA
Società di fornitura	Edison	Edison; Gala	Gala; Iren Mercato
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	33 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	33 kW	33 kW	33 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP) / Utenza altri usi	Utenza altri usi
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW; CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6	CONSIP EE12 - L2 - Delibera 308/2016/R/eel - Tariffa BTA5; CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup> [€/kWh]	0,08	0,08	0,09

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

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

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00098055	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	293	48	376	51	169	938	7.371	0,127
Feb - 14	794	85	905	123	419	2.326	6.540	0,356
Mar - 14	514	85	589	82	279	1.549	6.574	0,236
Apr - 14	415	93	505	66	237	1.317	5.302	0,248
Mag - 14	397	89	493	64	230	1.273	5.154	0,247
Giu - 14	295	65	386	47	175	968	3.799	0,255
Lug - 14	222	47	324	37	138	768	2.945	0,261
Ago - 14	91	21	196	16	71	395	1.291	0,306
Set - 14	303	63	403	49	180	999	3.959	0,252
Ott - 14	428	81	538	69	246	1.362	5.549	0,245
Nov - 14	428	83	546	71	248	1.376	5.651	0,244
Dic - 14	383	76	509	65	227	1.260	5.185	0,243
<b>Totale</b>	<b>4.563</b>	<b>836</b>	<b>5.770</b>	<b>742</b>	<b>2.620</b>	<b>14.531</b>	<b>59.320</b>	<b>0,245</b>

POD: IT001E00098055	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	532	-	576	79	119	1.306	6.296	0,207
Feb - 15	513	-	575	78	117	1.282	6.273	0,204
Mar - 15	521	-	599	82	120	1.322	6.589	0,201
Apr - 15	204	-	309	44	56	614	3.544	0,173
Mag - 15	209	-	324	47	58	638	5.446	0,117
Giu - 15	204	-	327	47	58	637	4.013	0,159
Lug - 15	272	-	309	43	62	687	2.843	0,242
Ago - 15	481	-	350	50	88	969	1.415	0,685
Set - 15	- 102	-	353	50	30	331	4.003	0,083
Ott - 15	194	-	379	52	62	687	6.081	0,113
Nov - 15	500	-	390	53	94	1.037	6.486	0,160
Dic - 15	601	-	534	66	120	1.322	5.293	0,250
<b>Totale</b>	<b>4.129</b>	<b>-</b>	<b>5.026</b>	<b>692</b>	<b>985</b>	<b>10.831</b>	<b>58.282</b>	<b>0,186</b>

POD: IT001E00098055	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	206	-	394	58	66	725	5.972	0,121
Feb - 16	275	-	617	81	97	1.071	6.451	0,166
Mar - 16	593	-	698	87	138	1.515	5.688	0,266
Apr - 16	274	125	365	65	83	912	5.183	0,176
Mag - 16	296	125	367	65	85	939	5.217	0,180
Giu - 16	206	109	248	43	61	667	3.458	0,193
Lug - 16	172	100	175	30	48	525	2.401	0,218
Ago - 16	75	90	93	15	27	300	1.187	0,253
Set - 16	262	111	262	46	68	750	3.679	0,204
Ott - 16	449	130	390	69	104	1.142	5.530	0,206
Nov - 16	577	140	457	81	125	1.380	6.507	0,212
Dic - 16	1.610	127	368	65	217	2.387	5.208	0,458
<b>Totale</b>	<b>4.995</b>	<b>1.056</b>	<b>4.434</b>	<b>706</b>	<b>1.119</b>	<b>12.311</b>	<b>56.481</b>	<b>0,218</b>

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

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

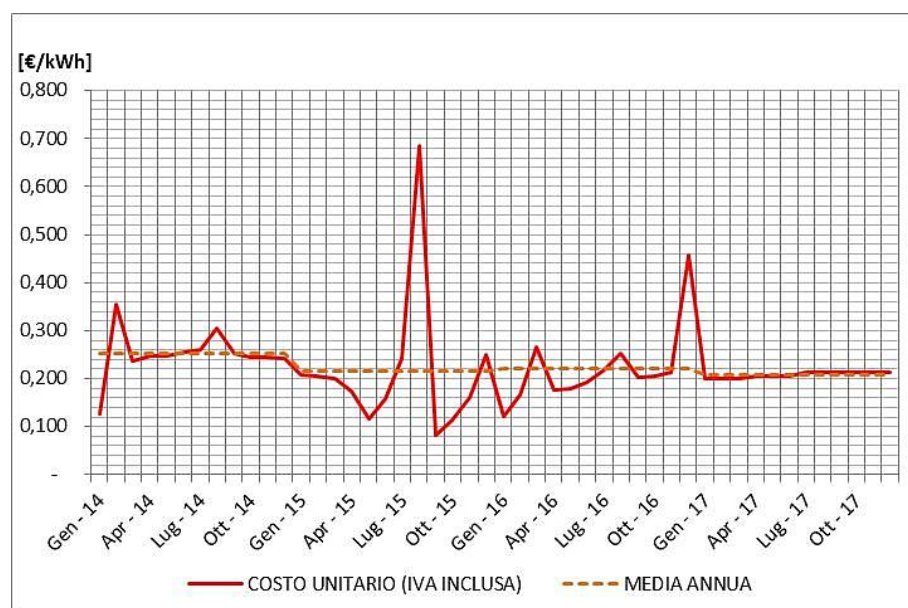
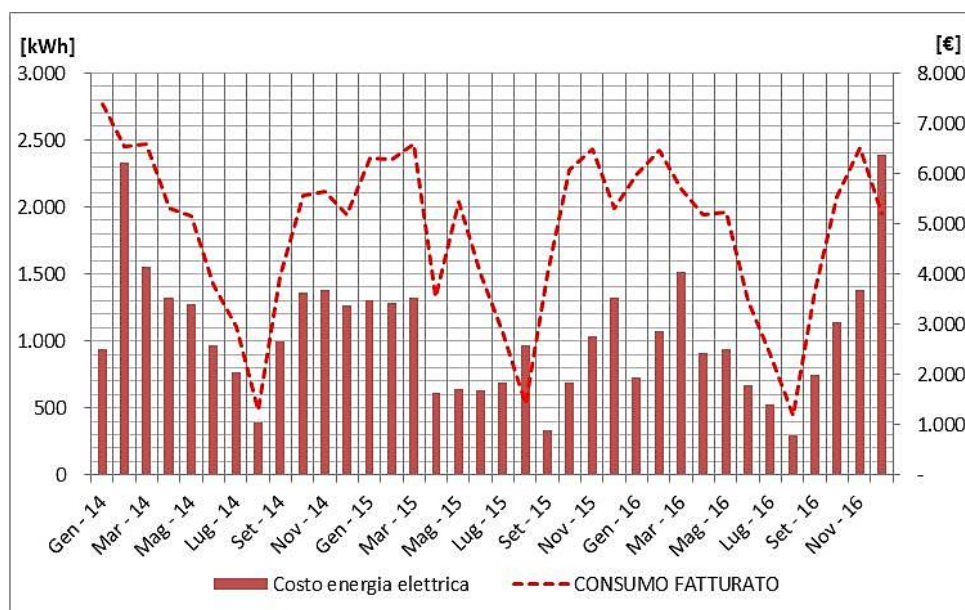




Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica, minori nel periodo estivo e maggiori nel periodo invernale.

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

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

Nella Tabella 7.4 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	-	n.d.	n.d.	59.320	14.531	0,24
2015	284.733	n.d.	n.d.	58.282	10.831	0,19
2016	319.329	n.d.	n.d.	56.481	12.311	0,22
Media	302.031	n.d.	n.d.	13.594	3.035	0,22

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore ARERA scontato del 5%	C <sub>uQ</sub> 0,078	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore ARERA scontato del 5%	C <sub>uEE</sub> 0,208	[€/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:

- L1-042-138: servizio SIE3
- L1-042-139: servizio SIE3

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l'affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 26 legge n. 488/1999 e s.m.i. e dell'art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di "Gestione, Conduzione e Manutenzione", si deduce che i servizi compresi all'interno della componente manutentiva riguardano:

- 1) Gestione e conduzione degli impianti, comprensivo del servizio di terzo responsabile;
- 2) Manutenzione ordinaria degli impianti:
  - Manutenzione Preventiva,
  - Manutenzione Correttiva a guasto (con servizio di reperibilità e pronto intervento);
- 3) Manutenzione straordinaria:
  - Interventi di adeguamento normativo;
  - Interventi di riqualificazione energetica.

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 48.233 €.

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-E1576. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria ( $C_{MO}$ ) e in una quota straordinaria ( $C_{MS}$ ) come segue:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.1 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.9 \times C_M \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

PDR: 3270050360228				
Definizione			Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub>	3.703	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub>	984	[€/anno]
PDR: 16220050621866				
Definizione			Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub>	2.124	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub>	565	[€/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:

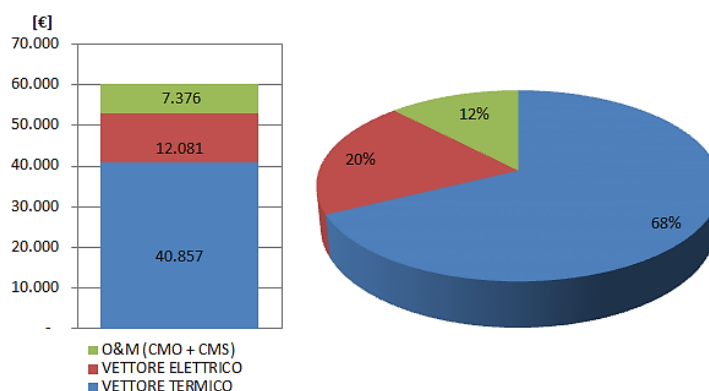
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C<sub>E</sub> pari a 52.939 € e un C<sub>baseline</sub> pari a 60.315 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )		TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	Cu <sub>Q</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Cu <sub>EE</sub>	C <sub>EE</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>Q</sub> +C <sub>EE</sub> +C <sub>M</sub>
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
527.082	0,078	40.857	58.028	0,208	12.081	7.376	5.827	1.549	60.315

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### **EEM1: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca**

###### **Generalità**

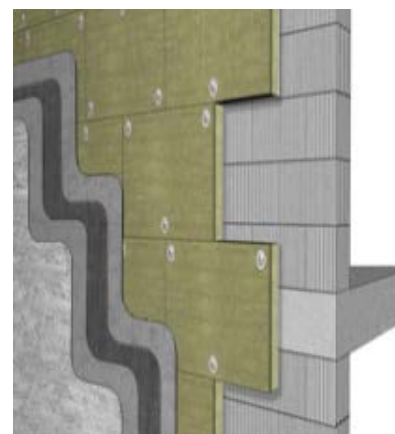
La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulla chiusura verticale opaca dell'intero edificio al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Figura 8.1 – Particolare della facciata da isolare esposta a nord-ovest



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

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



**Lana di roccia**, conduttività termica lambda **0,037 W/mK**, 150 kg/m<sup>3</sup>

**Spessore isolante: 10 cm**

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

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

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

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli. La tipologia di tassello per la corretta posa del cappotto termico va scelta in base al tipo di supporto su cui si andrà a posare il cappotto termico.

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

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato. Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.

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

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca e nella Figura 8.2.

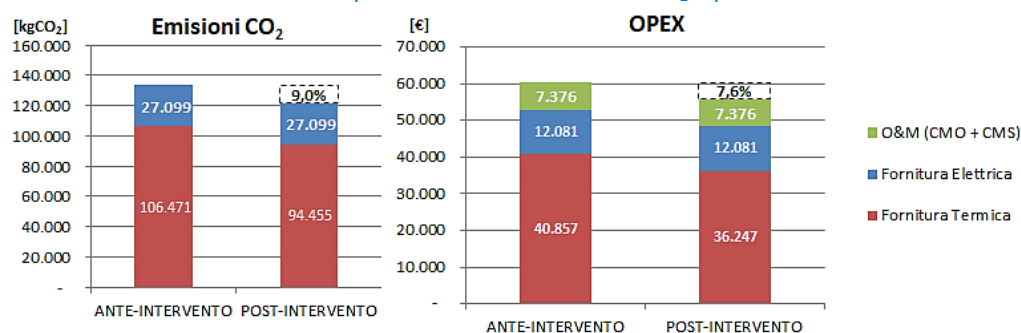
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	0,652	0,236	<b>63,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	507.116	449.889	<b>11,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	58.476	58.476	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	527.082	467.601	<b>11,3%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	58.028	58.028	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	94.455	<b>11,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	27.099	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>121.555</b>	<b>9,0%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	40.857	36.247	<b>11,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.081	12.081	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>48.328</b>	<b>8,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.827	5.827	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.549	1.549	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.376</b>	<b>7.376</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>55.704</b>	<b>7,6%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

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



## **EEM2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche**

### **Generalità**

La misura prevede la sostituzione di tutti i serramenti a vetro singolo e l'installazione delle valvole termostatiche sui radiatori.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

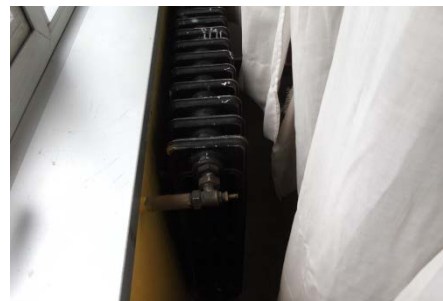
L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del comfort interno e della sicurezza.

### **Serramenti in PVC vetro doppio basso emissivo con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m<sup>2</sup>K.**

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

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

Figura 8.3 - Particolare serramenti da sostituire e delle attuali valvole dei radiatori, prive di testina termostatica



La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata.

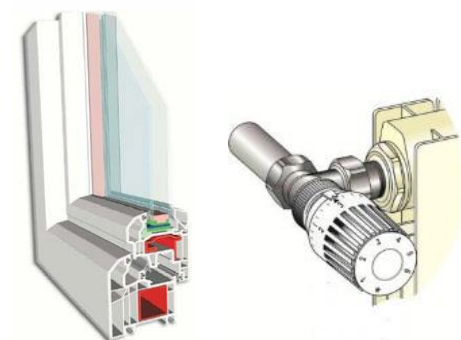
Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.

### **Descrizione dei lavori**

#### **SERRAMENTI**

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

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





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

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

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

#### VALVOLE TERMOSTATICHE

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito

#### Prestazioni raggiungibili

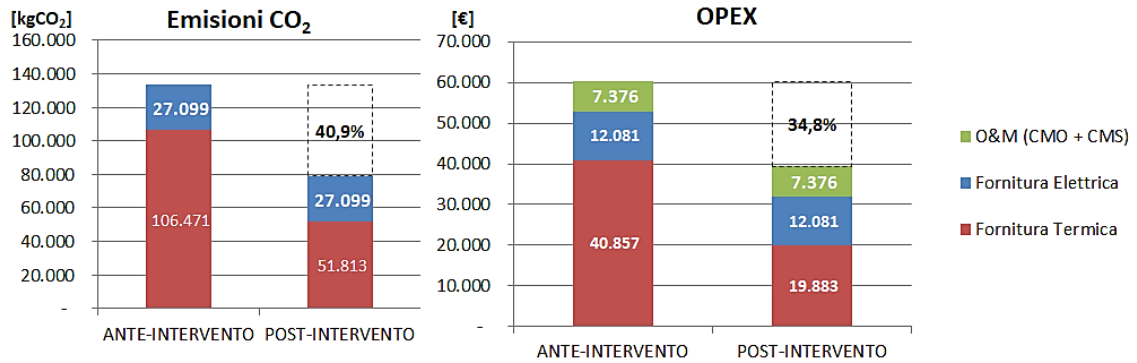
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	5,8	1,5	<b>74,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	507.116	246.782	<b>51,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	58.476	58.476	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	527.082	256.498	<b>51,3%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	58.028	58.028	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	51.813	<b>51,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	27.099	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>78.912</b>	<b>40,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	40.857	19.883	<b>51,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.081	12.081	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>31.964</b>	<b>39,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.827	5.827	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.549	1.549	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.376</b>	<b>7.376</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>39.340</b>	<b>34,8%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

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

### EEM3: isolamento dall'esterno della copertura piana

#### Generalità

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

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso.

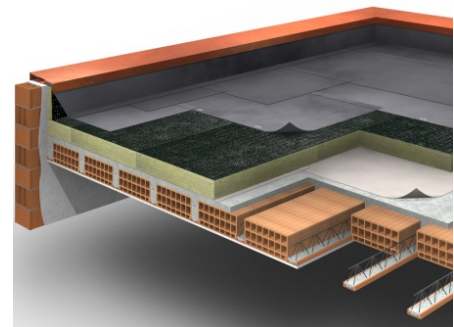
Figura 8.5 - Particolare copertura piana su cui intervenire



#### Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento).

La protezione dell'elemento termoisolante dall'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti mediante barriera al vapore consente al materiale coibente di mantenere le sue caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore.



Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica lambda **0,037 W/mK**, 150 kg/m<sup>3</sup>

Spessore isolante: 12 cm

### Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

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

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3: isolamento dall'esterno della copertura piana e nella Figura 8.6.

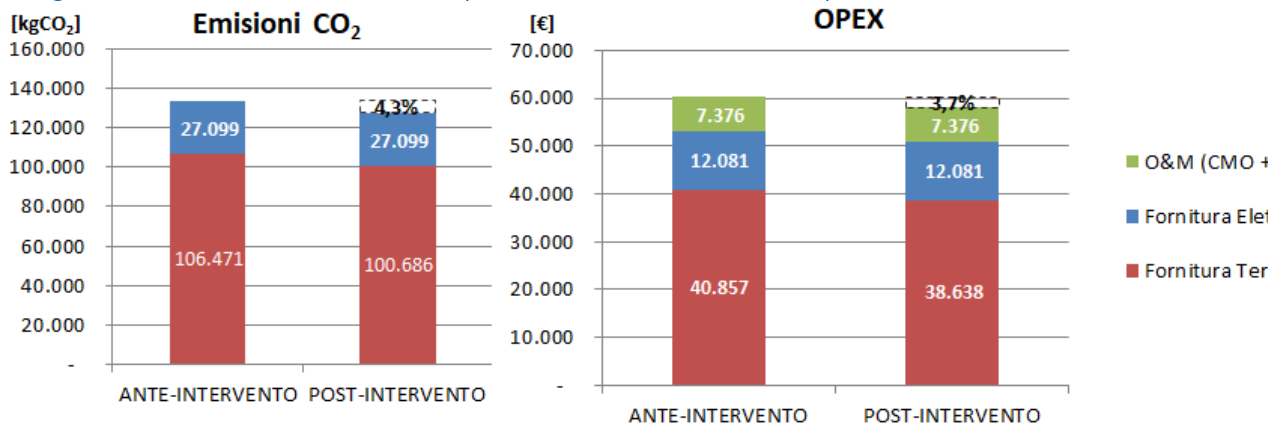
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3: isolamento dall'esterno della copertura piana

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	0,799	0,22	<b>72,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	507.116	479.566	<b>5,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	58.476	58.476	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	527.082	498.448	<b>5,4%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	58.028	58.028	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	100.686	<b>5,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	27.099	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>127.785</b>	<b>4,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	40.857	38.638	<b>5,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.081	12.081	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>50.719</b>	<b>4,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.827	5.827	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.549	1.549	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.376</b>	<b>7.376</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>58.095</b>	<b>3,7%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### **EEM4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili**

##### **Generalità**

##### CENTRALI TERMICHE

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

Le caldaie a condensazione garantiranno temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti. Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

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

Figura 8.7 – Particolare di uno dei generatori da sostituire



##### VALVOLE TERMOSTATICHE

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori.

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

Figura 8.8 – Particolare sistema di emissione



##### POMPE A PORTATA VARIABILE

La misura prevede la sostituzione degli attuali circolatori di mandata degli impianti di riscaldamento con pompe a giri variabili.

Figura 8.9 – Particolare sistema di distribuzione



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

##### CENTRALI TERMICHE

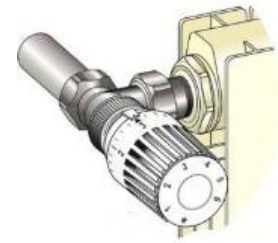
La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico. La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate. L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di

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

#### VALVOLE TERMOSTATICHE

La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata.

Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.



#### POMPE A PORTATA VARIABILE

In qualunque edificio, le richieste di riscaldamento cambiano continuamente a causa di diversi fattori, tra cui:

- temperatura ambientale;
- cambi di stagione;
- attività umana;
- presenza di altre fonti di calore.

Sia i circolatori a velocità fissa sia quelli a velocità variabile possono soddisfare le richieste di riscaldamento. Lo fanno, però, in modi molto diversi.



Nei sistemi dotati di circolatori a velocità fissa, come quello attualmente installato, la pressione aumenta con il diminuire della portata; è richiesta una valvola bypass di pressione differenziale per ridurre la pressione a carico parziale; il motore funziona sempre alla velocità massima. I circolatori a velocità variabile adattano invece automaticamente la velocità alle continue richieste, consentendo quindi un risparmio energetico.

L'intervento si esegue sempre in presenza di valvole termostatiche a due vie. La chiusura delle valvole termostatiche, infatti, comporta una riduzione della portata idraulica, di conseguenza una pompa di circolazione a giri fissi si troverebbe a lavorare con prevalenze elevatissime. Una pompa a giri variabili è, invece, in grado, attraverso un differenziale di pressione, di percepire la graduale riduzione della portata, causata dalla proporzionale chiusura delle valvole termostatiche, e quindi ridurre il numero di giri, attraverso un inverter, con limitazione della prevalenza data al circuito idraulico. Le pompe a inverter possono funzionare a pressione costante o proporzionale. La scelta e la programmazione dipendono dalle esigenze idrauliche dell'impianto di riscaldamento.

### **Descrizione dei lavori**

#### **CENTRALI TERMICHE**

I lavori consisteranno nello smantellamento dei generatori di calore, delle pompe, della valvola miscelatrice e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verranno installati i nuovi generatori di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici.



A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

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

#### **VALVOLE TERMOSTATICHE**

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito

#### **POMPE A PORTATA VARIABILE**

Fasi di installazione:

1. Svuotamento dell'impianto di riscaldamento.
2. Dopo aver tolto l'alimentazione elettrica e protetto i dispositivi elettrici sottostanti dall'eventuale fuoriuscita d'acqua, scollegamento del cavo di alimentazione del circolatore esistente.
3. Inserimento del nuovo circolatore.
4. Esecuzione dei collegamenti elettrici.
5. Se l'impianto è dotato di una valvola di non ritorno, verifica della pressione di mandata minima impostata (che sia superiore alla pressione di chiusura della valvola di regolazione)

### **Prestazioni raggiungibili**

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



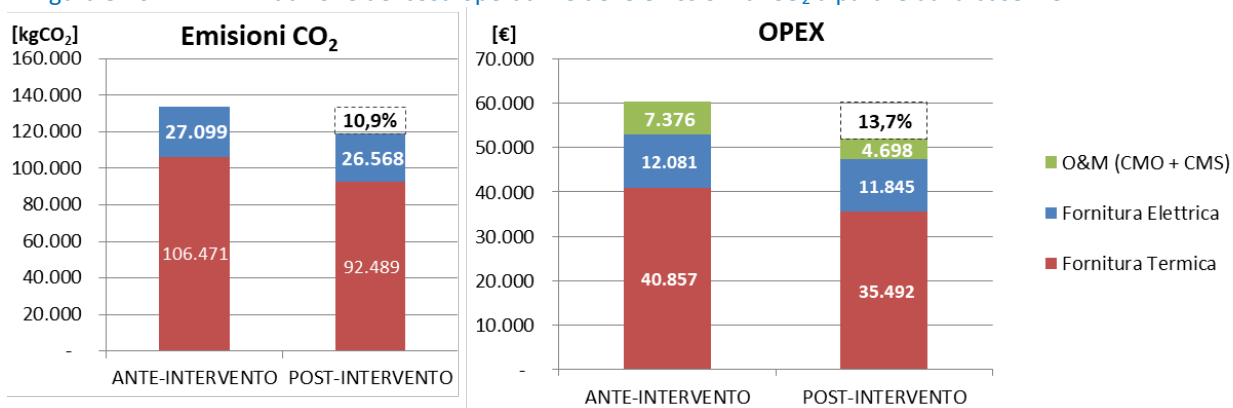
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di generazione	[%]	75	166	<b>-121,3%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	507.116	440.523	<b>13,1%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	58.476	57.330	<b>2,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	527.082	457.867	<b>13,1%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	58.028	56.891	<b>2,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	92.489	<b>13,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	26.568	<b>2,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>119.057</b>	<b>10,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	40.857	35.492	<b>13,1%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	12.081	11.845	<b>2,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>47.337</b>	<b>10,6%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.827	4.079	<b>30,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.549	620	<b>60,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>7.376</b>	<b>4.698</b>	<b>36,3%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>52.035</b>	<b>13,7%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

Nota (3) La riduzione del 36,3% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

 Figura 8.10 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline




**EEM5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili**

**Generalità**

**CENTRALI TERMICHE**

L'intervento in esame è identico alla EEM4 relativamente all'installazione delle valvole termostatiche, delle pompe a giri variabili e alla riqualificazione della centrale termica dell'asilo nido, mentre differisce per quanto concerne la centrale delle scuole infanzia, primaria e secondaria in quanto si prevede la sostituzione dei due generatori di calore con un'unica caldaia a condensazione, abbinata ad una pompa di calore.

**Caratteristiche funzionali e tecniche**

In linea generale le caratteristiche funzionali del sistema saranno analoghe a quelle descritte per l'EEM4.

Nella centrale con il sistema misto pompa di calore-caldaia sarà possibile effettuare una gestione ottimizzata in funzione della temperatura esterna e del fabbisogno dell'impianto, definendo, in fase di programmazione, una logica di funzionamento che consenta di attivare di volta in volta il sistema di generazione più idoneo alle condizioni al contorno di quel momento.



Tipicamente quando le temperature esterne sono miti si attiva la pompa di calore che sfrutta il calore gratuito dell'aria esterna, mentre all'abbassarsi delle temperature risulta ottimale l'utilizzo della caldaia a condensazione. Nelle fasi di picco di domanda, infine, i due sistemi possono operare contemporaneamente.



Questa soluzione consente quindi di soddisfare il requisito imposto dalla committenza relativo al salto di due classi energetiche, grazie alla presenza della pompa di calore aria-acqua (rinnovabile) e allo stesso tempo, grazie alla caldaia a gas a condensazione (fossile) permette di garantire il comfort ottimale agli utenti anche con condizioni climatiche più rigide.



**Descrizione dei lavori**

**CENTRALI TERMICHE**

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

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

## VALVOLE TERMOSTATICHE

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito

## POMPE A PORTATA VARIABILE

Fasi di installazione:

6. Svuotamento dell'impianto di riscaldamento.
7. Dopo aver tolto l'alimentazione elettrica e protetto i dispositivi elettrici sottostanti dall'eventuale fuoriuscita d'acqua, scollegamento del cavo di alimentazione del circolatore esistente.
8. Inserimento del nuovo circolatore.
9. Esecuzione dei collegamenti elettrici.

Se l'impianto è dotato di una valvola di non ritorno, verifica della pressione di mandata minima impostata (che sia superiore alla pressione di chiusura della valvola di regolazione)

**Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche e nella Figura 8.8.

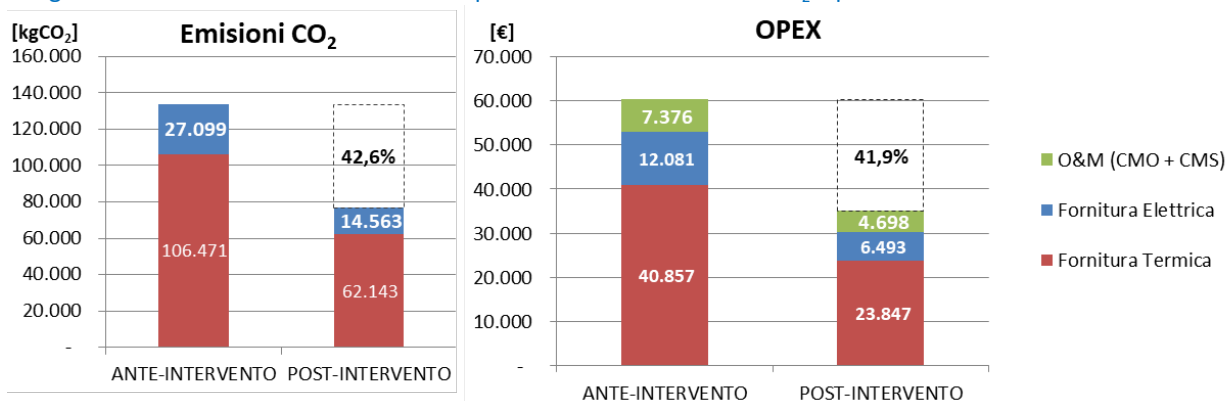
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche e pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di generazione	[%]	75	89	<b>-18,7%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	507.116	295.987	<b>41,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	58.476	31.425	<b>46,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	527.082	307.640	<b>41,6%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	58.028	31.184	<b>46,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	62.143	<b>41,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	14.563	<b>46,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>76.706</b>	<b>42,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	40.857	23.847	<b>41,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.081	6.493	<b>46,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>30.340</b>	<b>42,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.827	4.079	<b>30,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.549	620	<b>60,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.376</b>	<b>4.698</b>	<b>36,3%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>35.038</b>	<b>41,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	A1	+4 classi

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

Nota (3) La riduzione del 36,3% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.11 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Le misure EEM4 ed EEM5 coinvolgono anche il sistema di produzione di ACS, essendo quest'ultimo combinato all'impianto di riscaldamento.

### 8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

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

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

##### Generalità

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

L'intervento interessa tutte le lampade della scuola e comporta la sostituzione degli apparecchi esistenti con nuovi apparecchi dotati di lampade a led.

Figura 8.12 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Alcuni dei vantaggi che si possono ottenere grazie all'utilizzo della tecnologia a led sono i seguenti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: l'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a LED proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **150 lm/W**.

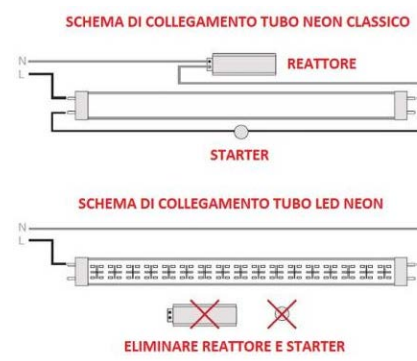
- Salubrità e rischio inquinamento: i LED non contengono gas nocivi alla salute e le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni sono nulle.

### Descrizione dei lavori

Per effettuare la sostituzione di un tubo neon classico con tubo led bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED richiede una tensione di 220V diretti:

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

In questo caso si prevede la sostituzione dell'INTERA PLAFONIERA, cioè andando a sostituire la vecchia plafoniera per tubi neon con un prodotto già privo di alimentatore e starter dotato di apposita certificazione.



### Prestazioni raggiungibili

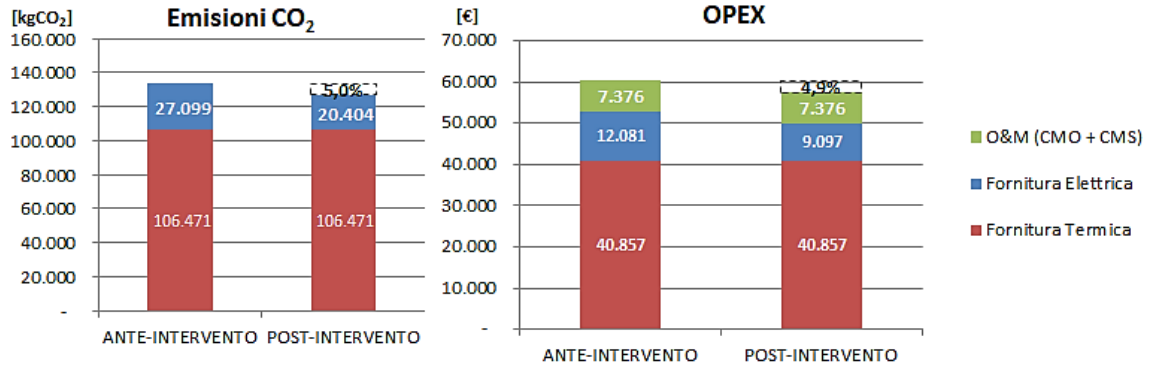
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6 e nella Figura 8.11.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Efficienza luminosa	[lm/W]	84	150	-78,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	507.116	507.116	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	58.476	44.029	24,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	527.082	527.082	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	58.028	43.692	24,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	106.471	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	20.404	24,7%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>126.875</b>	<b>5,0%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	40.857	40.857	0,0%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	12.081	9.097	24,7%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>49.954</b>	<b>5,6%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.827	5.827	0,0%
$C_{MS}$	[€]	1.549	1.549	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>7.376</b>	<b>7.376</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>57.330</b>	<b>4,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

Figura 8.13 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

#### EEM7: installazione di impianto fotovoltaico

##### Generalità

Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a **22,10 kWp** sulla copertura piana dell'edificio.

Produzione di circa **24.000 kWh** annui distribuiti su una superficie di 149 m<sup>2</sup> circa.

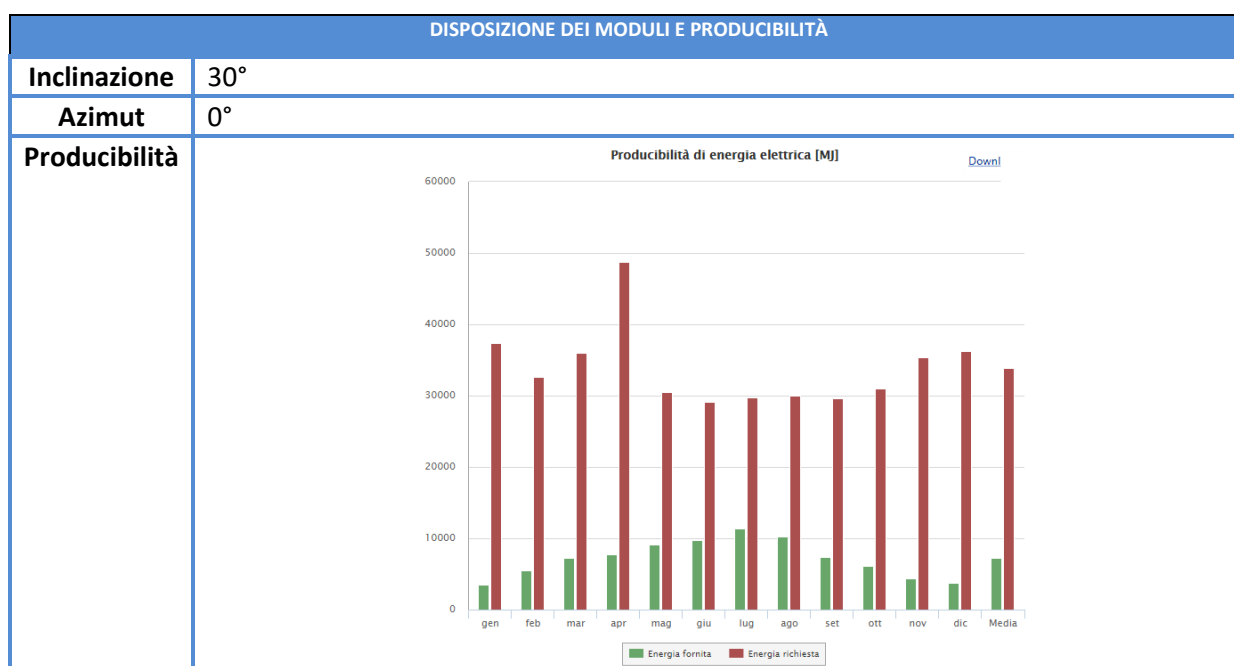
##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Figura 8.14 – Particolare impianto a fonte rinnovabile



DATI TECNICI PANNELLO FOTOVOLTAICO TIPOLOGICO		
<b>Specifiche meccaniche</b>	Dimensioni del modulo (L x W x H) <sup>3</sup>	1.654 x 989 x 40 mm
	Dimensioni della cella	156 x 156 mm
	Numero di celle	60
	Tipo di celle	Cella policristallina, tecnologia a 3 busbar
	NOCT <sup>4</sup>	46° C ± 2° C
	Massimo carico consentito <sup>5</sup>	6.000 Pa
	Tipo di copertura anteriore	Vetro solare microstrutturato spessore 3,2 mm
	Scatola di giunzione	ZJRH Renhesolar GF20, Classe di Protezione IP 67, dimensioni 90 x 77 x 16 mm
	Diodi di bypass	3 diodi; Tipo PST4020
	Cavi	2 x lunghezza 1.000 mm, sezione 4 mm <sup>2</sup>
	Tipo di connettore	ZJRH Renhesolar 05-6 (compatibile MC4)
	Materiale della cornice	Alluminio anodizzato
	Peso del modulo	18,2kg
	Certificazioni	IEC/EN 61215 Ed. 2, IEC/EN 61730, Factory Inspection, ISO 9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS 18001, MCS, Classe di isolamento II

<b>Parametri elettrici</b>	Potenza massima ( $P_{MPP}$ )	$\geq 260$ Wp
	Tolleranza sulla potenza	-0 %/+3 %
	Efficienza del modulo	15,98 %
	Tensione MPP ( $V_{MP}$ )	30,90 V
	Corrente MPP ( $I_{MPP}$ )	8,48 A
	Tensione a vuoto ( $V_{oc}$ )	37,78 V
	Corrente di cortocircuito ( $I_{sc}$ )	8,93 A
	Coefficiente di temperatura ( $P_{MPP}$ ), percentuale	-0,42 %/°C
	Coefficiente di temperatura ( $V_{oc}$ ), assoluto	-0,121 V/°C
	Coefficiente di temperatura ( $V_{oc}$ ), percentuale	-0,32 %/°C
	Coefficiente di temperatura ( $I_{sc}$ ), assoluto	5,27 mA/°C
	Coefficiente di temperatura ( $I_{sc}$ ), percentuale	0,059 %/°C



### Descrizione dei lavori

I lavori di installazione dell'impianto sulla copertura comprendono:

- fissaggio delle staffe e dei profilati in alluminio, con viti dotate di guarnizione;
- montaggio dei moduli fotovoltaici con gli appositi morsetti di serraggio;
- installazione apparecchiature elettriche (nel locale tecnico sottotetto sono montati i quadri di stringa, i gruppi di conversione, il quadro di protezione c.a. ed il contatore fiscale);
- collegamento con l'impianto elettrico e la rete tramite una linea di adeguata sezione posata in canalizzazioni nuove ed esistenti fino al quadro principale del fabbricato.
- Quadri di protezione e linea dal contatore

### Prestazioni raggiungibili

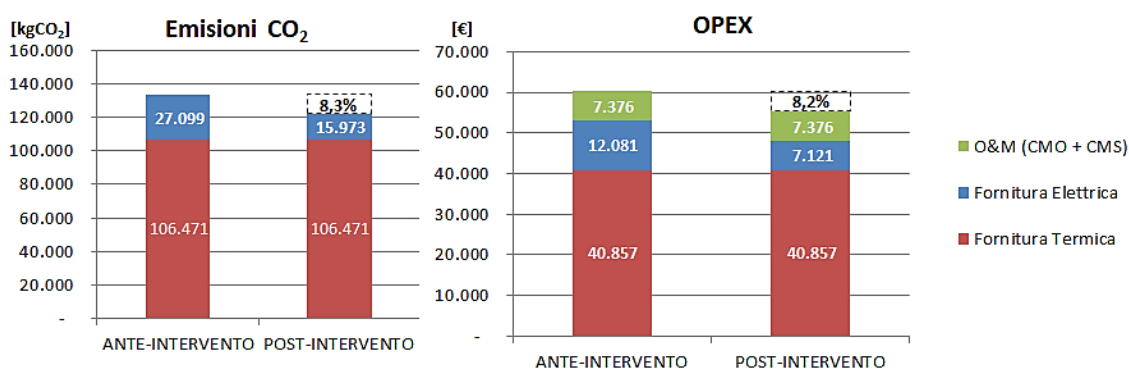
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM7 e nella Figura 8.13.

Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM7: installazione impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Producibilità	[kWh]	0	24.009	-
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	507.116	507.116	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	58.476	34.467	41,1%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	527.082	527.082	0,0%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	58.028	34.203	41,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	106.471	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	15.973	41,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>122.443</b>	<b>8,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	40.857	40.857	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.081	7.121	41,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>47.978</b>	<b>9,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.827	5.827	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.549	1.549	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.376</b>	<b>7.376</b>	<b>0,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>60.315</b>	<b>55.354</b>	<b>8,2%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

Figura 8.15 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca**

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione a cappotto esterno della muratura perimetrale.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 100.133 euro.

Tabella 9.1 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM1

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> ]	[€]	[%]	[€]
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	2.503,32	mq	13,98	12,71	31.814,92	22%	38.814,20
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	25.033,20	mq cm	2,00	1,82	45.514,91	22%	55.528,19
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1.A10	2.503,32	mq	21,79	19,81	49.588,49	22%	60.497,96
Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	2.503,32	mq	5,32	4,84	12.106,97	22%	14.770,50
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	2.503,32	mq	19,79	17,99	45.037,00	22%	54.945,14
Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	2.503,32	mq	7,91	7,19	18.001,15	22%	21.961,40
Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	2.503,32	mq	13,48	12,25	30.677,05	22%	37.426,00
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	2.503,32	mq	5,98	5,44	13.608,96	22%	16.602,93
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	3.602,32	mq	14,03	12,75	45.945,95	22%	56.054,06
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce:	3.602,32	mq/mese	1,30	1,18	4.257,29	22%	5.193,89

95.B10.S10.015							
Costi per la sicurezza	-	3%	%		8.896,58	22%	10.853,83
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		20.758,69	22%	25.325,60
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					<b>326.207,96</b>	<b>22%</b>	<b>397.973,71</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>						<b>100.133</b>
<b>Durata incentivi</b>							<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>							<b>20.027</b>

### **EEM2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dei serramenti a vetro singolo e nell'installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 100.000 euro.

Tabella 9.3 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.100	1.099	mq	39,61	36,01	39.573,99	22%	48.280,27
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	1.099	mq	328,90	299,00	328.601,00	22%	400.893,22
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	1.099	mq	47,62	43,29	47.576,71	22%	58.043,59
Costi per la sicurezza	-	3%	%			12.472,55	22%	15.216,51
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			29.102,62	22%	35.505,20
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2-a)</b>						<b>457.326,87</b>	<b>22%</b>	<b>557.938,78</b>

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	218	cad	35,42	32,20	7.019,60	22%	8.563,91

Costi per la sicurezza	-	3%	%	210,59	22%	256,92
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	491,37	22%	599,47
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2-b)</b>				<b>7.721,56</b>	<b>22%</b>	<b>9.420,30</b>

<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>	<b>100.000</b>
<b>Durata incentivi</b>		<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>		<b>20.000</b>

### EEM3: isolamento dall'esterno della copertura piana

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'isolamento dall'esterno della copertura piana.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 33.903 euro.

Tabella 9.5 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM3

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> ]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	1.221,05	mq	6,55	5,95	7.270,80	22%	8.870,37
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	1.221,05	mq	5,67	5,15	6.293,96	22%	7.678,63
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	14.652,60	mq cm	2,00	1,82	26.641,09	22%	32.502,13
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	1.799,50	mq	14,03	12,75	22.951,80	22%	28.001,20
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.894,73	22%	2.311,57
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			4.421,04	22%	5.393,66
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>						<b>69.473,42</b>	<b>22%</b>	<b>84.757,57</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>33.903</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>6.781</b>

### **EEM4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche**

Nella Tabella 9.9 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore con caldaie a condensazione e nell'installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di circa 30.043 euro.

Tabella 9.7 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 320 kW	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B15.030	2	cad	14.705,63	13.368,75	26.737,51	22%	32.619,76
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 250 kW	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B15.025	1	cad	10.854,65	9.867,86	9.867,86	22%	12.038,79
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	3	cad	253,00	230,00	690,00	22%	841,80
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	Prezziario Regione Liguria 40.C10.B10.120	3	cad	392,78	357,07	1.071,22	22%	1.306,89
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95

Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m³km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	218	cad	35,42	32,20	7.019,60	22%	8.563,91
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 13 m³/h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.125	2	cad	2.031,27	1.846,61	3.693,22	22%	4.505,73
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	2	cad	50,06	45,51	91,02	22%	111,04
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.145	1	cad	4.587,21	4.170,19	4.170,19	22%	5.087,63
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	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.040	1	cad	97,34	88,49	88,49	22%	107,96
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	3	cad	22,69	20,63	61,88	22%	75,50
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.678,99	22%	2.048,37
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.917,65	22%	4.779,53
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>						<b>61.563,06</b>	<b>0,22</b>	<b>75.106,93</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>30.043</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>6.009</b>

**EEM5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche**

Nella Tabella 9.11 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore con caldaie a condensazione e nell'installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di circa 31.491 euro.

Tabella 9.9 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO – Caldaie condensazione	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kWt
Valore massimo incentivo	40.000 €

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO – Pompa di calore	
	$I_{a\ tot} = Q_{li} * [1-1/(COP)] * c_i$
Percentuale spesa ammissibile	Dove $I_{a\ tot}$ = incentivo annuo (rata annua) in euro $Q_{li}$ : calore totale prodotto dall'impianto, espresso in kWh $c_i$ : coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta  <i>Riferimento: Regole Applicative Conto Termico - 5.8.4 Calcolo dell'incentivo</i>
Costo massimo ammissibile	n.a.
Valore massimo incentivo	65%

Tabella 9.10 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 350 kW	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B15.035	1	cad	17.551,88	15.956,25	15.956,25	22%	19.466,63
Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 250 kW	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B15.025	1	cad	10.854,65	9.867,86	9.867,86	22%	12.038,79
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	2	cad	253,00	230,00	460,00	22%	561,20
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	Prezziario Regione Liguria 40.C10.B10.120	2	cad	392,78	357,07	714,15	22%	871,26

gasolio: per generatori di calore da 101  
 Kw a 350 Kw

Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera - fino a 35 kWf - fino a 35 kWt - n° 1	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0040.a	1	cad	17.281,36	15.710,33	15.710,33	22%	19.166,60
Kit idronico	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.b	1	cad	1.420,71	1.291,55	1.291,55	22%	1.575,70
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m³km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	218	cad	35,42	32,20	7.019,60	22%	8.563,91
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 13 m³/h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.125	2	cad	2.031,27	1.846,61	3.693,22	22%	4.505,73
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	2	cad	50,06	45,51	91,02	22%	111,04
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.145	1	cad	4.587,21	4.170,19	4.170,19	22%	5.087,63



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	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.040	1	cad	97,34	88,49	88,49	22%	107,96
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	4	cad	22,69	20,63	82,51	22%	100,66
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.678,99	22%	2.048,37
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.917,65	22%	4.779,53
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> - EEM5)</b>						<b>67.217,24</b>	<b>0,22</b>	<b>82.005,04</b>

<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>	<b>31.491</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni caldaia / 2 anni pompa di calore</b>	
<b>Incentivo annuo</b>	<b>4.901 caldaia / 3.493 pompa di calore</b>	

### EEM6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Nella Tabella 9.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore con caldaie a condensazione e nell'installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di circa 25.421 euro.

Tabella 9.11 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	35 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	70.000 €

Tabella 9.12 – Analisi dei costi della EEM6

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	460	cad	5,73	5,21	2.396,18	22%	2.923,34
Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 300x1200 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0120.a	79	cad	260,87	237,15	18.735,21	22%	22.856,96
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.c	8	cad	139,50	126,82	1.014,55	22%	1.237,75
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 1600 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.a	210	cad	96,24	87,49	18.373,09	22%	22.415,17
Proiettore orientabile da esterno / interno - lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0040.a		cad	285,30	259,36	0,00	22%	0,00

Lampade a led corpo ceramico, temperatura di colore 2700° K - potenza 6 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0180.b	153	cad	14,85	13,50	2.065,50	22%	2.519,91
Proiettore orientabile da esterno / interno - lampade led 4000K 6400 Lm potenza 94 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0040.b	10	cad	525,01	477,28	4.772,82	22%	5.822,84
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.420,72	22%	1.733,28
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.315,01	22%	4.044,32
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>- EEM6)</b>						<b>52.093,08</b>	<b>22%</b>	<b>63.553,56</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>25.421</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>5.084</b>

### EEM7: installazione di impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.14 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 7, che consiste nell'installazione sulla copertura di un impianto fotovoltaico. L'intervento non è soggetto a incentivi.

Tabella 9.13 – Analisi dei costi della EEM7

DESCRIZIONE	FORNITORE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato). 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento. 3. Quadro di parallelo inverter. 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie. 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.17.010.0010	-	-	-	-	-	-	-
Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie								
<b>Con potenza complessiva per singolo impianto:</b>								
da 21 a 50 kWp	1E.17.010.0010.c	22,10	kWp	2.236,65	2.033,32	44.936,33	22%	54.822,32
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.348,09	22%	1.644,67
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.145,54	22%	3.837,56
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>- EEM7)</b>						<b>49.429,97</b>	<b>22%</b>	<b>60.304,56</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. In attuazione delle disposizioni di cui all'articolo 7, comma 6 del decreto legislativo 102/2014, le amministrazioni pubbliche che optino, anche per il tramite di una ESCO, per la procedura di prenotazione dell'incentivo del Conto Termico, possono richiedere l'erogazione di una rata di acconto al momento della comunicazione dell'avvio dei lavori e di una rata di saldo a seguito della sottoscrizione della scheda-contratto. A tal fine, il GSE eroga la rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori suddetta. La rata di acconto è pari ai due quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell'incentivo è di cinque anni, ovvero al 50%, nel caso in cui la durata sia di due anni.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- $FC_n$  è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- $f$  è il tasso di inflazione;
- $f'$  è la deriva dell'inflazione;
- $R$  è il tasso di sconto;

- $i = R - f - f'$  è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$  è il fattore di annualità ( $FA_n$ ).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

**EEM1: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca**

Tabella 9.14 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	397.974
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	20.027
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	60,4	40,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	87,2	53,4
Valore attuale netto	VAN	- 268.835	- 179.680
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,1%	-3,1%
Indice di profitto	IP	-0,68	-0,45

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

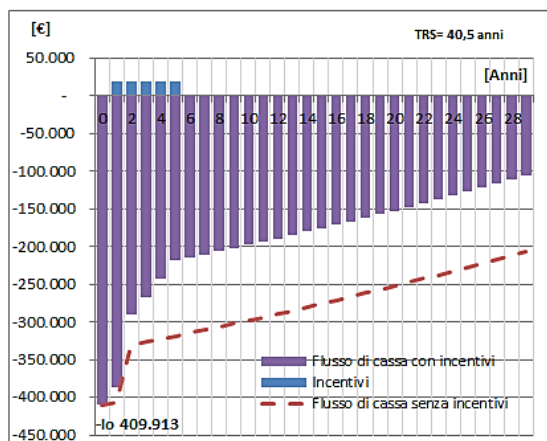
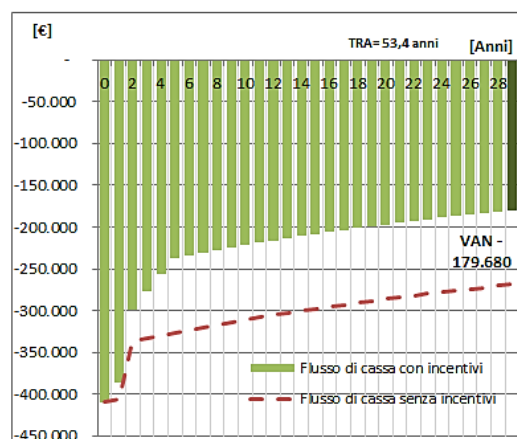


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM1 non risulta economicamente vantaggiosa sebbene la coibentazione a cappotto esterno dell'edificio oggetto di DE sia da ritenere prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti, attraverso l'eliminazione dei ponti termici e la riduzione della trasmittanza termica delle componenti opache verticali.

## EEM2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	567.359
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	20.000
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	24,1	19,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	40,3	33,5
Valore attuale netto	VAN	- 149.850	- 60.813
Tasso interno di rendimento	TIR	1,4%	2,8%
Indice di profitto	IP	-0,26	-0,11

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

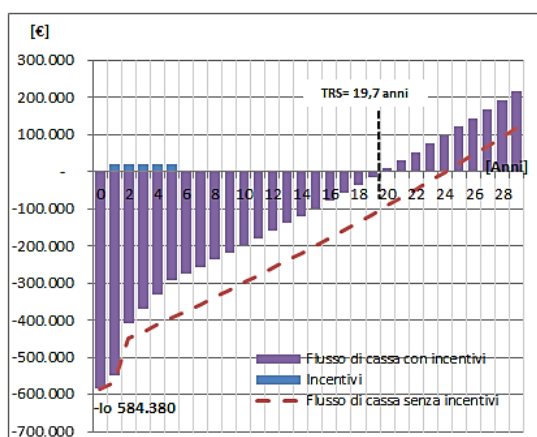
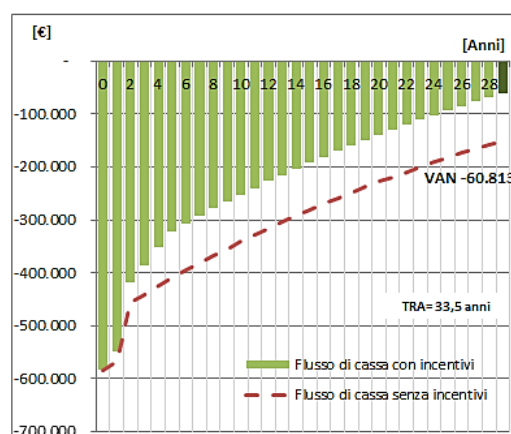


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2 risulta migliore rispetto alla EEM1 ma anch'essa non risulta economicamente vantaggiosa pur essendo una soluzione fondamentale per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e soprattutto del comfort degli utenti.

È possibile ipotizzare la realizzazione di questa misura in combinazione con altri interventi più performanti dal punto di vista della sostenibilità economica.

### EEM3: isolamento dall'esterno della copertura piana

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

Tabella 9.16 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	84.758
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	6.781
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	33,3	18,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	52,3	32,6
Valore attuale netto	VAN	- 37.195	- 7.009
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,8%	2,9%
Indice di profitto	IP	-0,44	-0,08

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

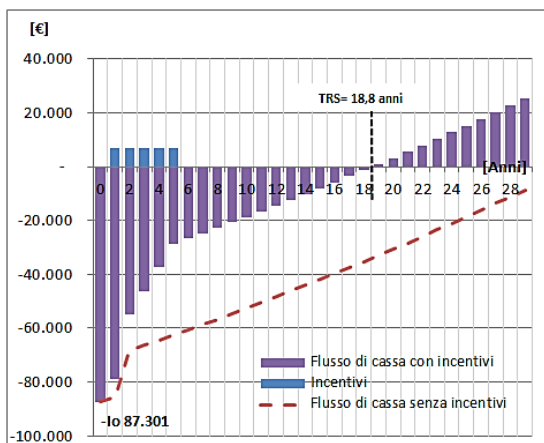
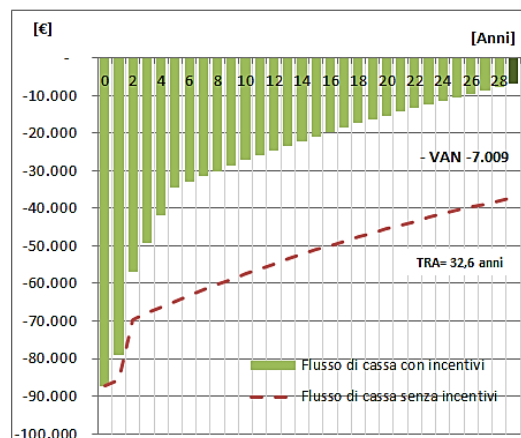


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM3, come le altre misure relative alla riduzione delle dispersioni attraverso l'involucro edilizio, non risulta economicamente vantaggiosa.

Anche in questo caso è possibile ipotizzare la realizzazione di questa misura in combinazione con altri interventi più performanti dal punto di vista della sostenibilità economica.



### **EEM4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche**

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

Tabella 9.17 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	75.107
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	6.009
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	9,0	4,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,6	6,6
Valore attuale netto	VAN	11.874	38.623
Tasso interno di rendimento	TIR	6,5%	12,9%
Indice di profitto	IP	0,16	0,51

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

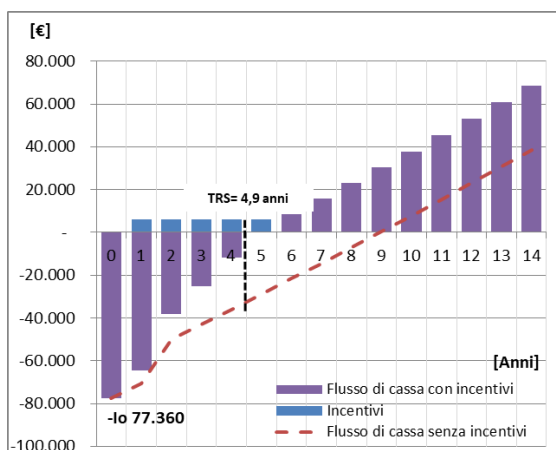
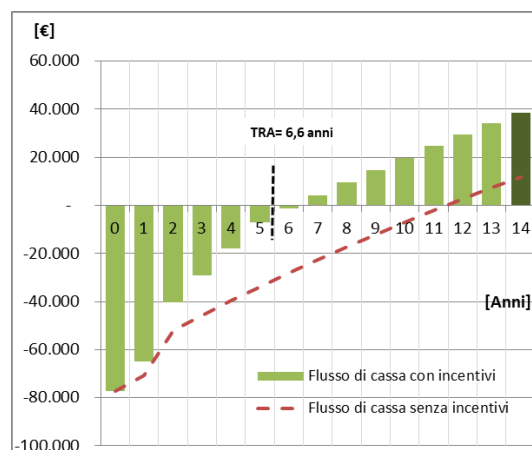


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 risulta economicamente vantaggiosa, grazie alla massimizzazione dell'efficienza degli impianti termici.

**EEM5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche**

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

Tabella 9.18 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	82.005
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	6.298
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,4	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,7	2,8
Valore attuale netto	VAN	165.866	193.905
Tasso interno di rendimento	TIR	27,9%	34,2%
Indice di profitto	IP	2,02	2,36

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

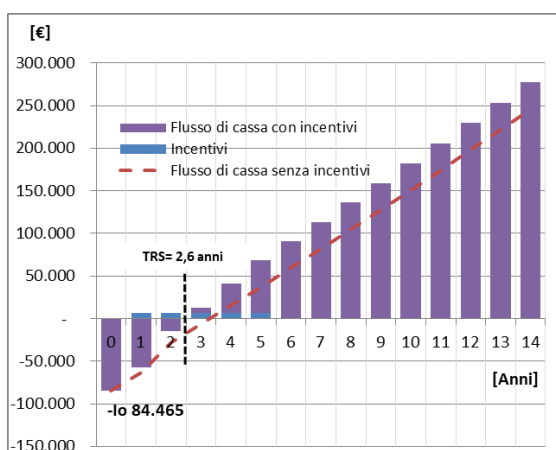
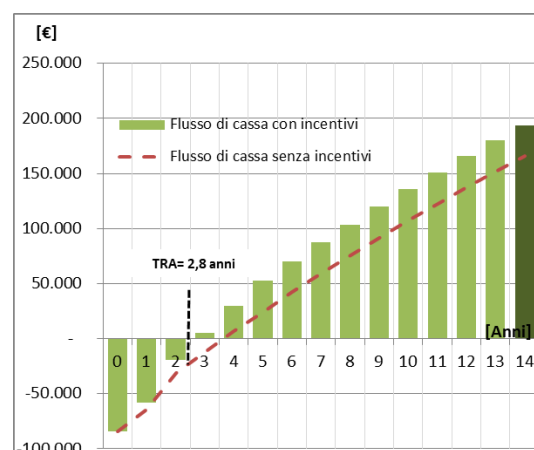


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM5 risulta ancora più vantaggiosa rispetto alla EEM4. L'unica differenza tra le due misure consiste nell'introduzione, oltre ai generatori a condensazione, di una pompa di calore. In questo modo è possibile recuperare una quota di energia rinnovabile dall'aria esterna riducendo il fabbisogno di combustibile e continuando a garantire il servizio in ogni condizione climatica, grazie alla presenza sia dei generatori a gas sia della pompa di calore.

### EEM6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

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

Tabella 9.19 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	63.554
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	5.084
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	17,8	9,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,2	10,8
Valore attuale netto	VAN	- 39.485	- 16.851
Tasso interno di rendimento	TIR	-19,6%	-5,4%
Indice di profitto	IP	-0,62	-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

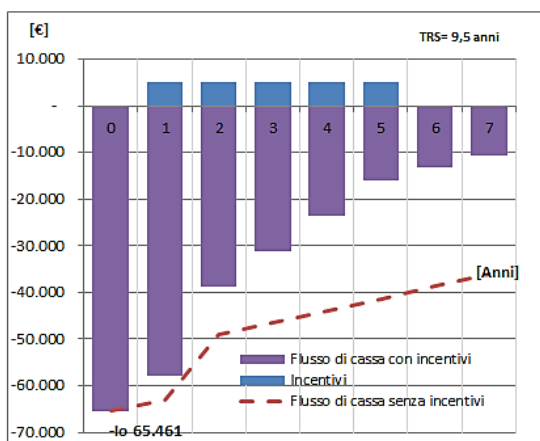
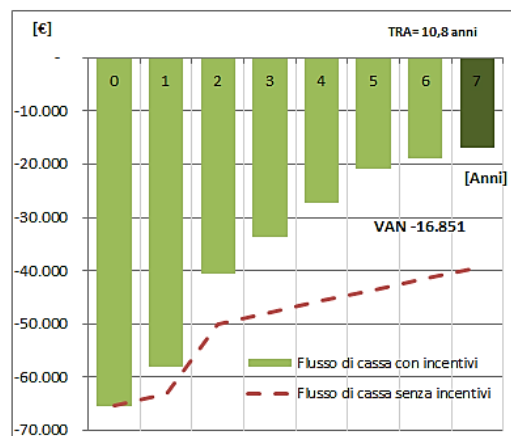


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata la EEM 6 non sembrerebbe vantaggiosa. Ciò è dovuto al fatto che la si raffronti a un tempo di vita utile basso per il tipo di lampada che si andrebbe a installare; gli apparecchi LED sono infatti generalmente caratterizzati da tempi di vita maggiori. Pertanto la misura è da considerarsi sostenibile ed è consigliata al fine della riduzione del consumo elettrico e dell'incremento dell'efficienza luminosa.

### EEM7: installazione di impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.20 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM7

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	60.305
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	-
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	11,7	11,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,3	16,3
Valore attuale netto	VAN	7.418	7.418
Tasso interno di rendimento	TIR	5,5%	5,5%
Indice di profitto	IP	0,12	0,12

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e Figura 9.14.

Figura 9.13 –EEM7: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

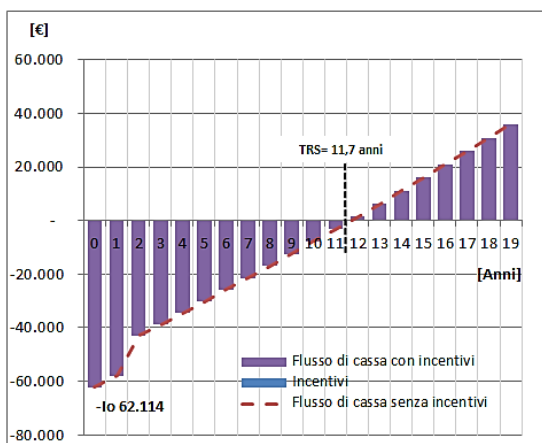
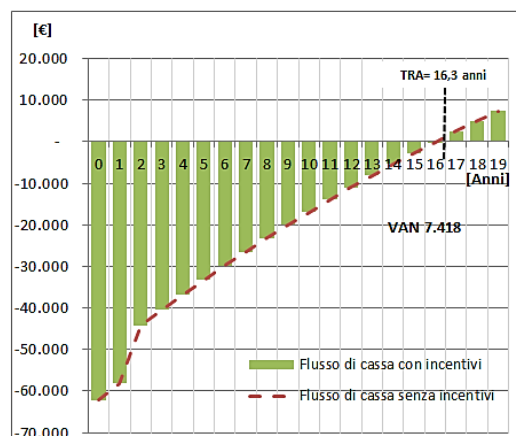


Figura 9.14 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM7 risulta economicamente sostenibile. Questa misura è inoltre sinergica con la misura EEM5, che prevede l'utilizzo di una pompa di calore, la quale può essere così alimentata da energia elettrica rinnovabile prodotta.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata in Tabella 9.22 e in Tabella 9.23.

Tabella 9.21 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	anni [n]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	8,7	9,0	4.611	0	0	397.974	>30	>30	30	<0	-5,1	-0,68
EEM 2	39,6	40,9	20.975	0	0	567.359	24,1	>30	30	<0	1,4	-0,26
EEM 3	4,2	4,3	2.220	0	0	84.758	>30	>30	30	<0	-0,8	-0,44
EEM 4	10,6	10,9	5.602	1.748	929	75.107	9,0	11,6	11.874	6,5	0,16	10,6
EEM 5	42,7	42,6	22.599	1.748	929	82.005	3,4	3,7	165.866	27,9	2,02	42,7
EEM 6	5,6	5,0	2.985	0	0	63.554	17,8	20,2	8	<0	-19,6	-0,62
EEM 7	9,4	8,3	4.960	0	0	60.305	11,7	16,3	20	7.418	5,5	0,12

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

- % $\Delta_E$  è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % $\Delta_{CO_2}$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta C_E$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta C_{MO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta C_{MS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi.

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi che coinvolgono l'involucro hanno tutti tempi di ritorno attualizzati superiori alla vita utile. Tra le altre misure quella più conveniente risulta essere la EEM5.

Tabella 9.22 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	anni [n]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	8,7	9,0	4.611	0	0	397.974	>30	>30	30	<0	-3,1	-0,45
EEM 2	39,6	40,9	20.975	0	0	567.359	19,7	>30	30	<0	2,8	-0,11
EEM 3	4,2	4,3	2.220	0	0	84.758	18,8	>30	30	<0	2,9	-0,08
EEM 4	10,6	10,9	5.602	1.748	929	75.107	4,9	6,6	38.623	12,9	0,51	10,6
EEM 5	42,7	42,6	22.599	1.748	929	82.005	2,6	2,8	193.905	34,2	2,36	42,7
EEM 6	5,6	5,0	2.985	0	0	63.554	9,5	10,8	8	<0	-5,4	-0,27
EEM 7	9,4	8,3	4.960	0	0	60.305	11,7	16,3	20	7.418	5,5	0,12

Dall'analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico emerge come i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono in modo proporzionale. Le soluzioni che interessano l'involucro edilizio (EEM1, EEM2 e EEM3) risultano avere ad ogni modo tempi di ritorno attualizzati superiori alla vita utile.

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

- $s$  è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$  è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- $FCO_n$  è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- $D$  è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- $i$  è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- $R$  è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

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

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

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

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



- **Scenario 1: [EEM3 + EEM5 + EEM6 + EEM7]:** Tale scenario si differenzia dallo scenario 1 per l'assenza dell'EEM2 (sostituzione dei serramenti) e consiste pertanto nella coibentazione della copertura piana, unitamente all'efficientamento dell'impianto di illuminazione interna e a un cambio di sistema di generazione e regolazione in favore di una soluzione con caldaie a acondensazione ed una pompa di calore combinata, oltre che nell'installazione di un impianto fotovoltaico.
- **Scenario 2: [EEM2 + EEM3 + EEM5 + EEM6 + EEM7]:** Tale scenario consiste nella sostituzione delle chiusure trasparenti e nella coibentazione della copertura piana unitamente all'efficientamento dell'impianto di illuminazione interna e a un cambio di sistema di generazione e regolazione in favore di una soluzione con caldaie a acondensazione ed una pompa di calore combinata, oltre che nell'installazione di un impianto fotovoltaico.

### 9.3.1 Scenario 1: EEM3+EEM5+EEM6+EEM7

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

- EEM 3: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche
- EEM 6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- EEM 7: installazione di impianto fotovoltaico

Tabella 9.23 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

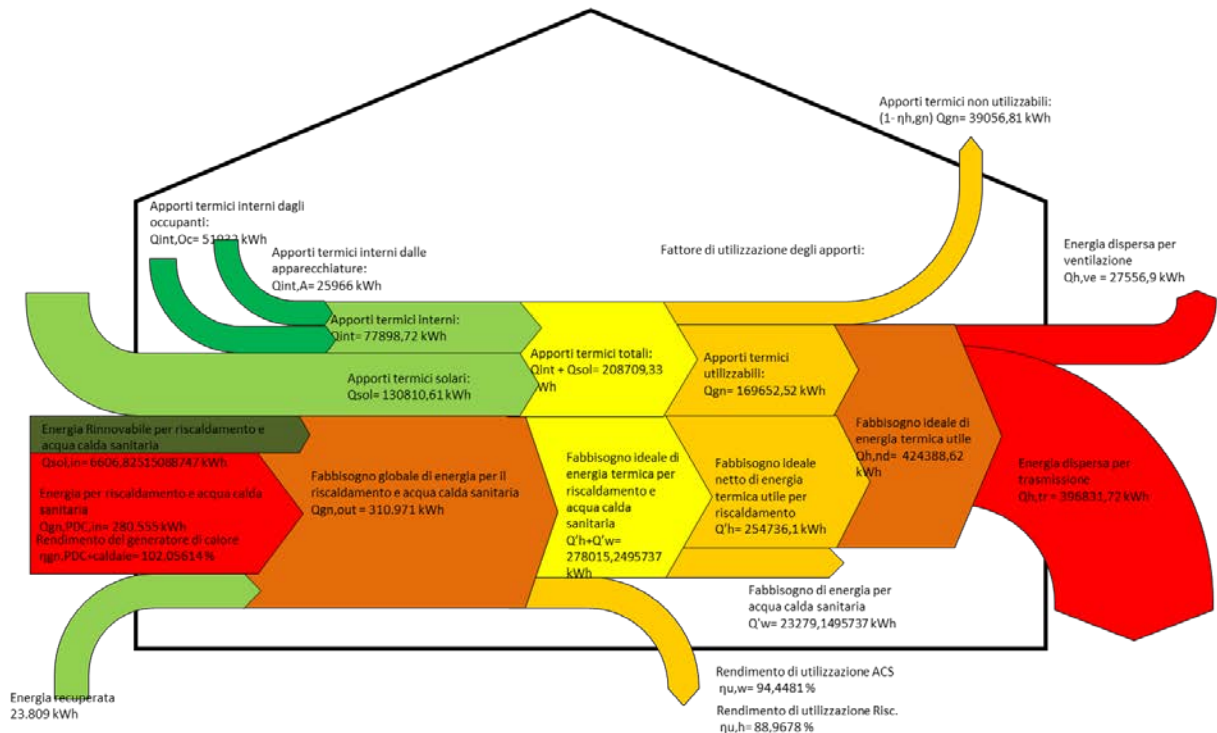
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	63.157,65	13.894,68	77.052,33
EEM5 Fornitura & Posa	61.620,60	13.556,53	75.177,13
EEM6 Fornitura & Posa	47.357,35	10.418,62	57.775,96
EEM7 Fornitura & Posa	44.936,33	9.885,99	54.822,32
Costi per la sicurezza	6.342,53	1.395,36	7.737,89
Costi per la progettazione	14.799,24	3.255,83	18.055,08
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>238.213,70</b>	<b>52.407,01</b>	<b>290.620,72</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	4.079	620	4.699
EEM6 O&M	-	-	-
EEM7 O&M	-	-	-
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>4.079</b>	<b>620</b>	<b>4.699</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	112.719	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		22.544	

Tabella 9.24– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	55%
Percentuale spesa ammissibile per EEM5 – Pompa di calore	$I_{a\ tot} = Q_u \cdot [1-1/(COP)] \cdot c_i$ Dove $I_{a\ tot}$ = incentivo annuo (rata annua) in euro $Q_u$ : calore totale prodotto dall’impianto, espresso in kWh $c_i$ : coefficiente di valorizzazione dell’energia termica prodotta  <i>Riferimento: Regole Applicative Conto Termico - 5.8.4 Calcolo dell’incentivo</i>
Percentuale spesa ammissibile per EEM5 – Caldaia condensazione	55%
Percentuale spesa ammissibile per EEM6	40%
Percentuale spesa ammissibile per EEM7	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM3	200 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM5 – Pompa di calore	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM5 – Caldaia condensazione	130 €/kWt
Costo massimo ammissibile per EEM6	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM7	n/a
Valore massimo incentivo EEM3	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM5 – Pompa di calore	65%
Valore massimo incentivo EEM5 – Caldaia condensazione	40.000 €
Valore massimo incentivo EEM6	n/a
Valore massimo incentivo EEM7	n/a

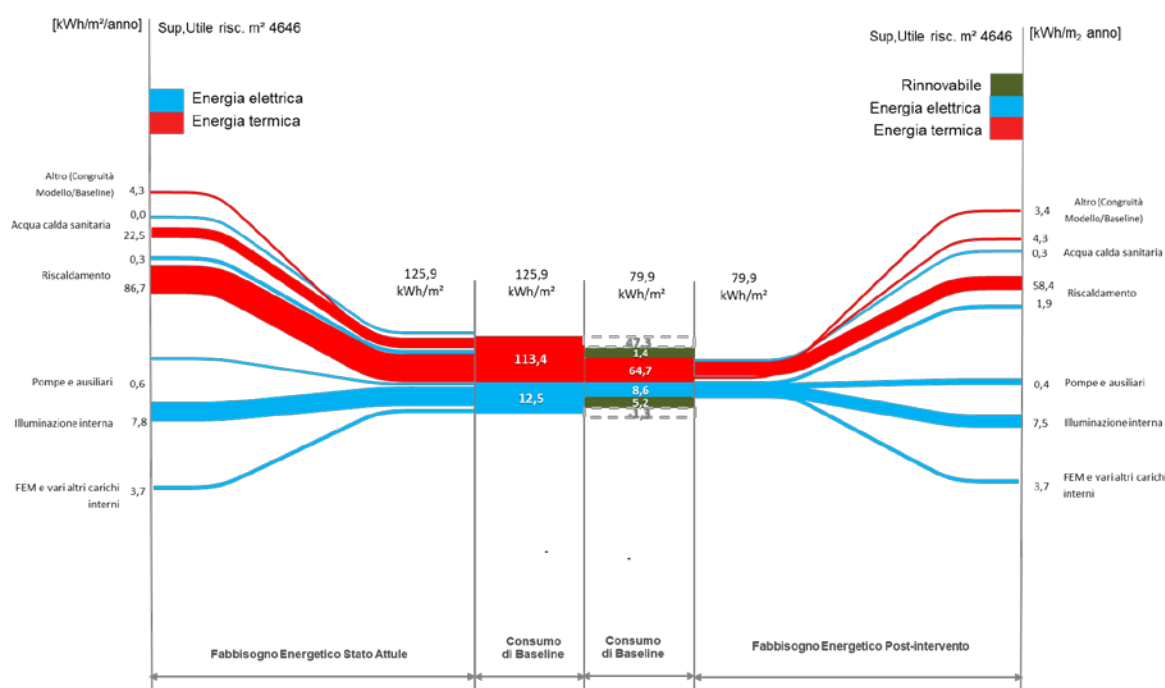
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il rendimento del generatore di calore è superiore al 100% grazie alla presenza dell’energia recuperata dall’aria esterna, sfruttata come sorgente dalla pompa di calore.

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



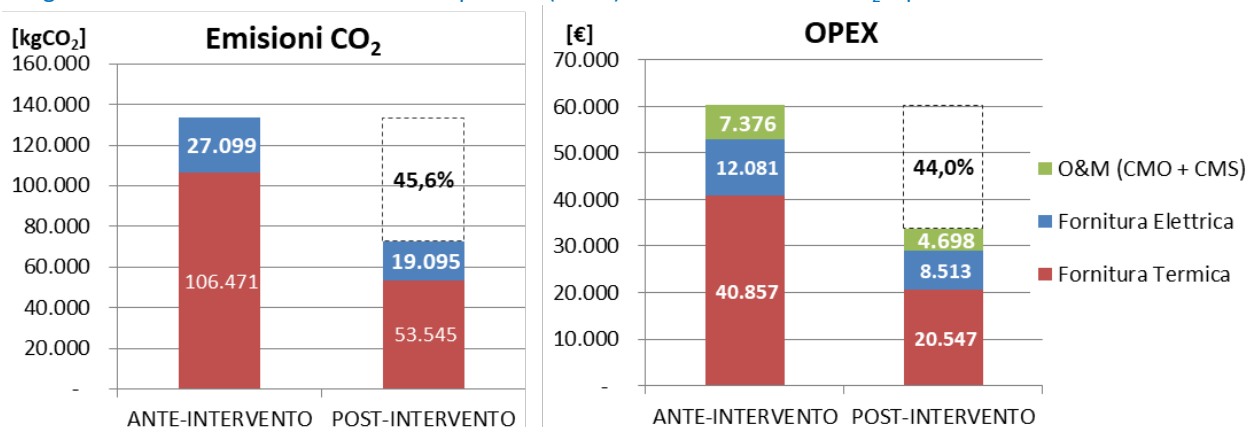
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.26 e nella Figura 9.17

Tabella 9.25 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM 3 [Trasmittanza]	[W/m²K]	0,799	0,22	<b>72,5%</b>
EM 5 [Rendimento di generazione]	[%]	88	102	<b>-16,4%</b>
EM 6 [Efficienza luminosa]	[lm/W]	84	150	<b>-78,6%</b>
EM 7 [Producibilità]	[kWh]	0	24.009	-
$Q_{teorico}$	[kWh]	507.116	255.031	<b>49,7%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	58.476	41.204	<b>29,5%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	527.082	265.072	<b>49,7%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	58.028	40.889	<b>29,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	53.545	<b>49,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	19.095	<b>29,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>72.639</b>	<b>45,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	40.857	20.547	<b>49,7%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	12.081	8.513	<b>29,5%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>29.060</b>	<b>45,1%</b>
$C_{MO}$	[€]	5.827	4.079	<b>30,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.549	620	<b>60,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>7.376</b>	<b>4.698</b>	<b>36,3%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>33.759</b>	<b>44,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	A1	+4 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

Figura 9.17 - 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 9.27, Tabella 9.28 e Tabella 9.29 e nelle successive figure.

Tabella 9.26 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{cdp}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	8
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 290.621
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8.719
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 299.340
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 239.472
Equity	$I_E$	€ 59.868
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	6,88
Rata annua debito	$q_D$	€ 34.784
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 278.274
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 38.803

Tabella 9.27 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	43.392
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	6.046
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>49.438</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>45,1%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>36,3%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>2,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>19.350</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	989
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	104.637
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	26.042
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>21,71%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	4.641
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	2.772
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	10.949
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	3.999
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	26.089
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	30.088
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	18.362
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>48.449</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	52.407
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	93.652
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.28 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = $Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>8,91</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>12,23</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>27.405</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>5,86%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>0,0943</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = $Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>11,10</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>13,22</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>9.015</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>12,00%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,039</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>		<b>1,383</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		<b>0,0310</b>

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



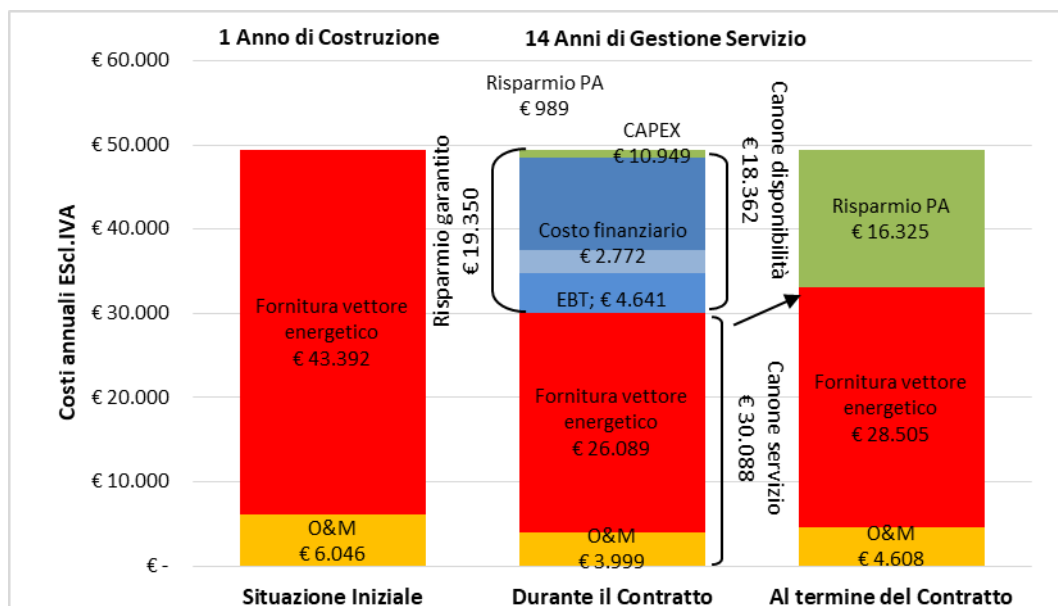
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta avere tempo di ritorno semplici ed attualizzati inferiori a 15 anni sia dal punto di vista del progetto sia da quello dell'azionista. Lo scenario risulta inoltre sostenibile finanziariamente, essendo il TIR maggiore di ke e LLCR maggiore di uno. L'indicatore DSCR, pur non presentando un valore nell'intorno di 1,3, può essere considerato accettabile, essendo superiore all'unità.

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

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: EEM2 + EEM3 + EEM5 + EEM6 + EEM7

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

- EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 3: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 5: sostituzione del generatore di calore obsoleto dell'asilo nido con caldaia a condensazione; sostituzione dei generatori obsoleti delle scuole infanzia, primaria e secondaria con un sistema costituito da una pompa di calore ed una caldaia a condensazione; installazione di valvole termostatiche
- EEM 6: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- EEM 7: installazione di impianto fotovoltaico

Tabella 9.29 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	415.751,70	91.465,37	507.217,07
EEM3 Fornitura & Posa	63.157,65	13.894,68	77.052,33
EEM5 Fornitura & Posa	61.620,60	13.556,53	75.177,13
EEM6 Fornitura & Posa	47.357,35	10.418,62	57.775,96
EEM7 Fornitura & Posa	44.936,33	9.885,99	54.822,32
Costi per la sicurezza	18.815,08	4.139,32	22.954,40
Costi per la progettazione	43.901,86	9.658,41	53.560,27
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>695.540,57</b>	<b>153.018,93</b>	<b>848.559,50</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	4.079	620	4.699
EEM6 O&M	-	-	-
EEM7 O&M	-	-	-
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>4.079</b>	<b>620</b>	<b>4.699</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>212.719</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>42.544</b>	

Tabella 9.30– Stima dell'incentivo da Conto Termico

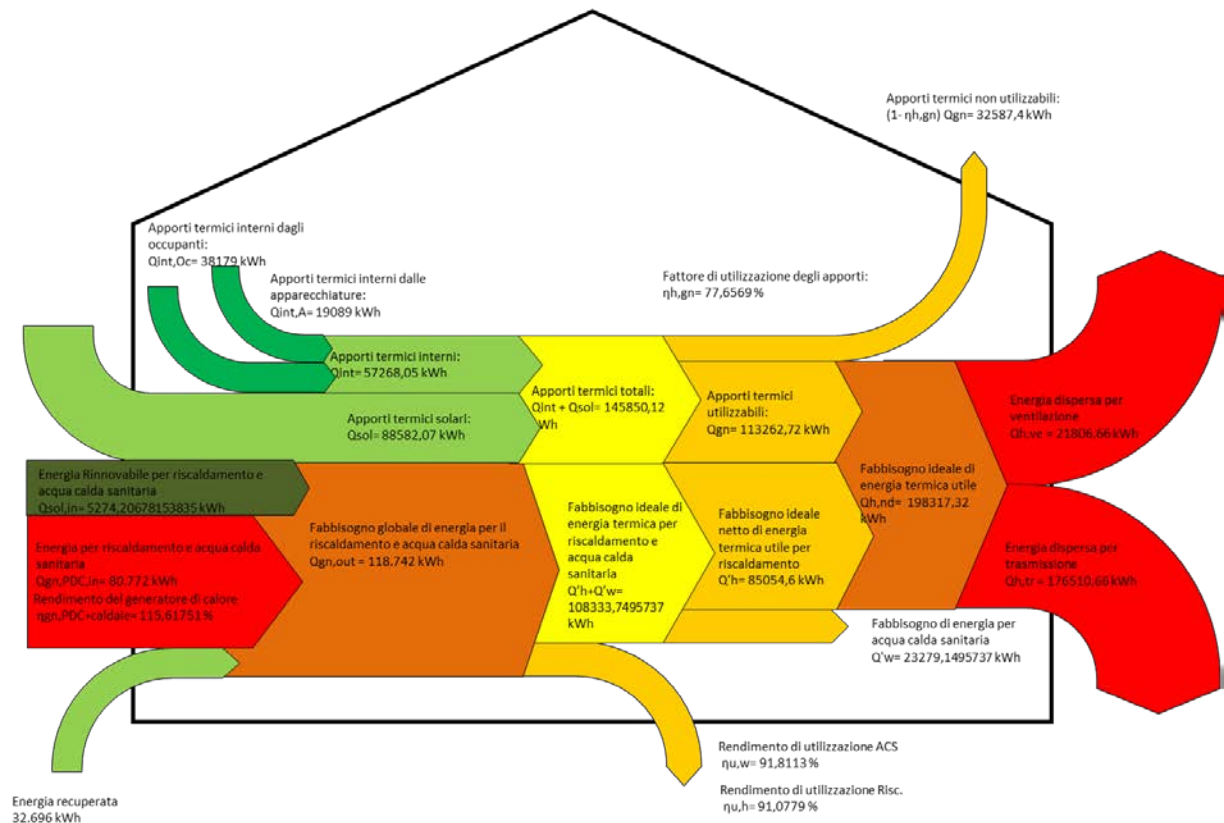
STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM2	55%
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	55%
Percentuale spesa ammissibile per EEM5 – Pompa di calore	$I_{a\ tot} = Q_u * [1 - 1/(COP)] * C_i$ Dove $I_{a\ tot}$ = incentivo annuo (rata annua) in euro $Q_u$ : calore totale prodotto dall'impianto, espresso in kWh $C_i$ : coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta  <i>Riferimento: Regole Applicative Conto Termico - 5.8.4 Calcolo dell'incentivo</i>
Percentuale spesa ammissibile per EEM5 – Caldaia	55%



condensazione	
Percentuale spesa ammissibile per EEM6	40%
Percentuale spesa ammissibile per EEM7	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM2	450 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM3	200 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM5 – Pompa di calore	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM5 – Caldaia condensazione	130 €/kWt
Costo massimo ammissibile per EEM6	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM7	n/a
Valore massimo incentivo EEM2	100.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM5 – Pompa di calore	65%
Valore massimo incentivo EEM5 – Caldaia condensazione	40.000 €
Valore massimo incentivo EEM6	n/a
Valore massimo incentivo EEM7	n/a

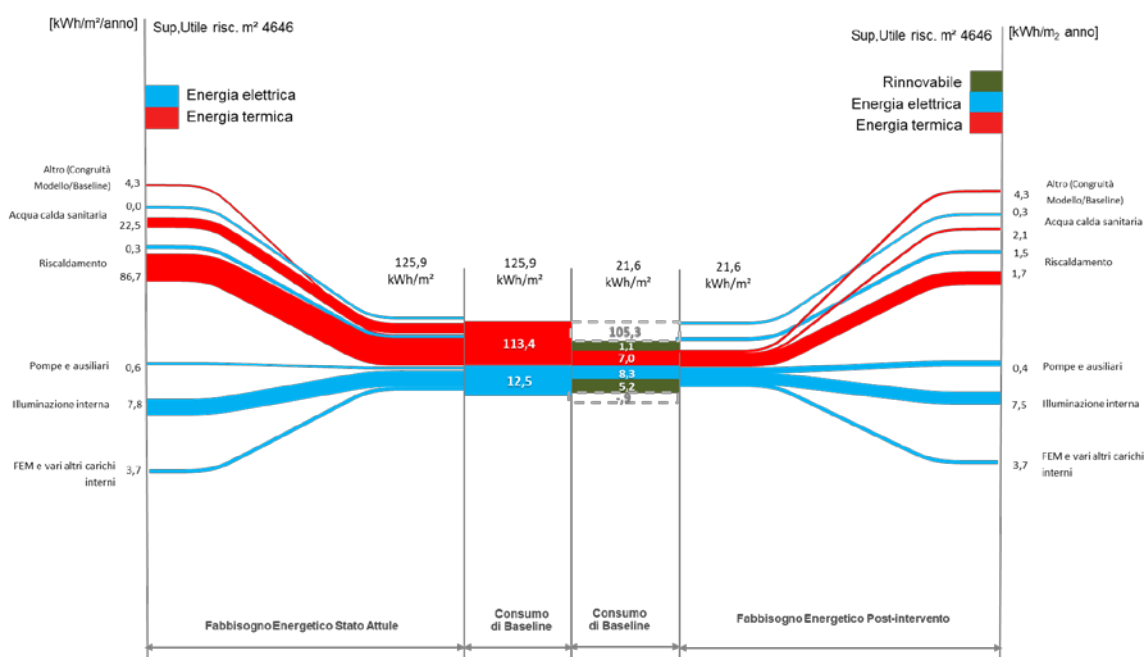
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.21 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare, come osservato anche per lo scenario SCN1, che il rendimento del generatore di calore è superiore al 100% grazie alla presenza dell'energia recuperata dall'aria esterna, sfruttata come sorgente dalla pompa di calore.

Figura 9.22 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



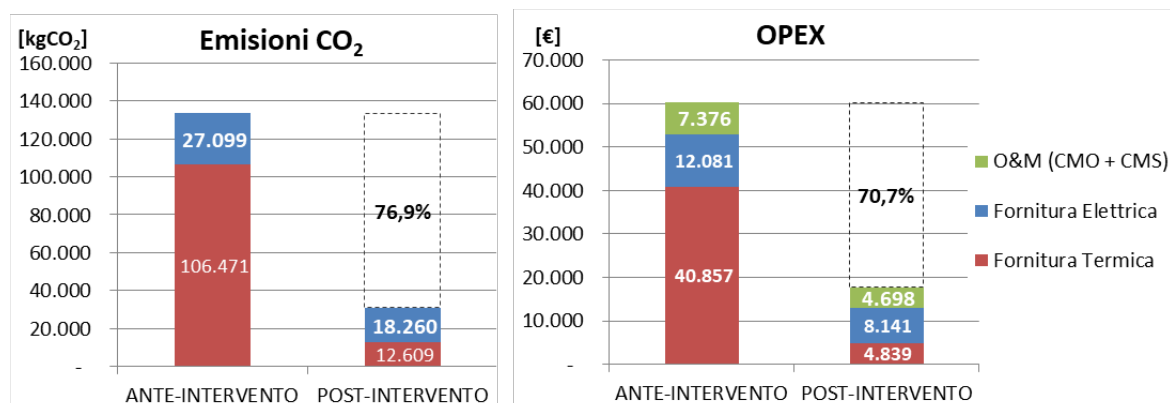
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.32 e nella Figura 9.23.

Tabella 9.31 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U. M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM 2 [Trasmittanza]	[W/m²K]	5,8	1,5	<b>74,1%</b>
EM 3 [Trasmittanza]	[W/m²K]	0,799	0,22	<b>72,5%</b>
EM 5 [Rendimento di generazione]	[%]	88	116	<b>-31,8%</b>
EM 6 [Efficienza luminosa]	[lm/W]	84	150	<b>-78,6%</b>
EM 7 [Producibilità]	[kWh]	0	24.009	-
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	507.116	60.058	<b>88,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	58.476	39.402	<b>32,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	527.082	62.423	<b>88,2%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	58.028	39.100	<b>32,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	106.471	12.609	<b>88,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	27.099	18.260	<b>32,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>133.570</b>	<b>30.869</b>	<b>76,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	40.857	4.839	<b>88,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	12.081	8.141	<b>32,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>52.939</b>	<b>12.979</b>	<b>75,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	5.827	4.079	<b>30,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.549	620	<b>60,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>7.376</b>	<b>4.698</b>	<b>36,3%</b>
OPEX	[€]	<b>60.315</b>	<b>17.678</b>	<b>70,7%</b>
Classe energetica	[-]	E	A2	+5 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh]

Figura 9.23 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.33 Tabella 9.27, Tabella 9.28 e Tabella 9.29 e nelle successive figure.

Tabella 9.32 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	24
Anni Concessione	$n$	25
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 848.559
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 25.457
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 874.016
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 699.213
Equity	$I_E$	€ 174.803
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	8,30
Rata annua debito	$q_D$	€ 84.224
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 842.241
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 143.029

Tabella 9.33 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 43.392
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 6.046
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 49.438
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	75,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	36,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 32.948
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 494
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 257.296
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 47.142
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	12,42%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 4.522
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 5.960
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 21.973
Canone O&M €/anno	$CnM$	€ 4.101
Canone Energia €/anno	$CnE$	€ 12.388
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€ 16.490
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€ 32.454
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€ 48.944
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 153.019
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 193.652
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.34 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	16,91
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	30,18
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	< 0
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	3,01%
Indice di Profitto	IP	-0,0725
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	21,46
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	>0
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	<0
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke	2,41%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,819
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,302
Indice di Profitto Azionista	IP	-0,1361

Figura 9.24 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

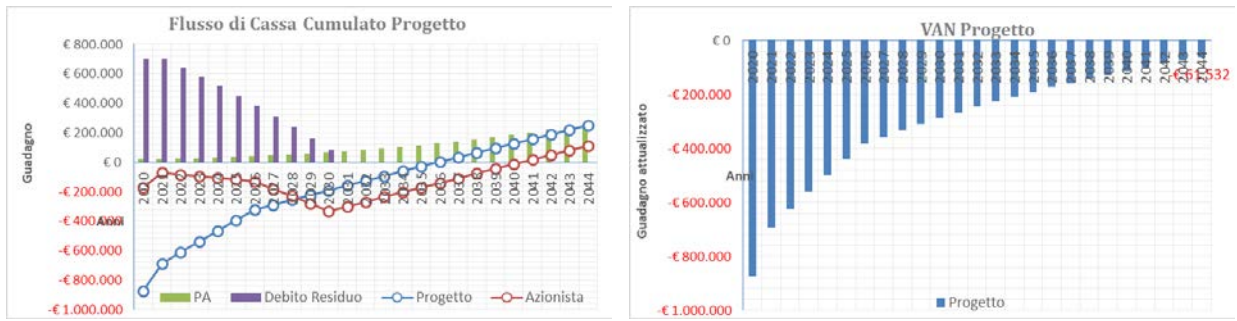


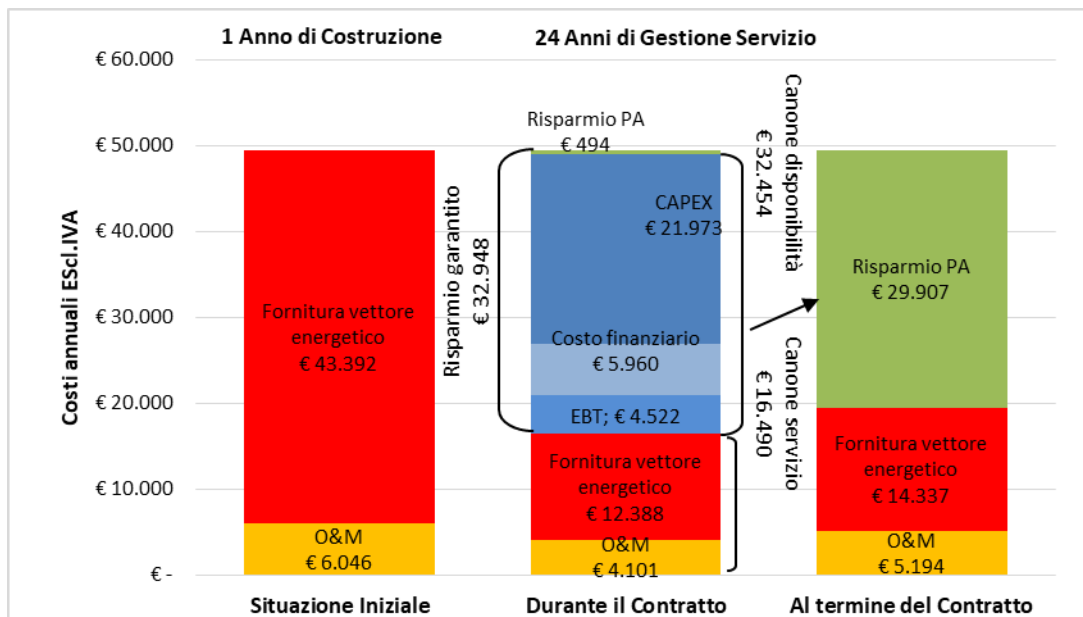
Figura 9.25 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2, benchè abbia tempi di ritorno semplici inferiori a 25, non risulti conveniente, presentando un VAN negativo ed un DSCR inferiore al valore di riferimento.

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

Figura 9.26 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE porta a un giudizio BUONO per l'indice  $IEN_R$  e SUFFICIENTE e per l'indice  $IEN_E$  per tutto il triennio 2014 – 2016.

COMBUSTIBILE	$IEN_R$			$IEN_E$		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,9	8,1	8,8	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	11,4	11,2	10,8

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

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha dato come risultato ottimale, in termini di salto di classe energetica, tempo di ritorno e remunerabilità dell'investimento, lo Scenario 1.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	45,1	45,6	19.572	1.433	762	290.621	11,1	13,2	9.015	12,0	0,03	1,04	1,38
	CON INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	45,1	45,6	19.572	1.433	762	290.621	16,8	>25	<0	<0	-0,20	0,75	1,17

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

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

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti;
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore attraverso l'involucro;
- non è stato constatato un discomfort termoigrometrico degli ambienti.

Analizzando i tempi di ritorno delle singole EEM proposte si è portati a prediligere gli interventi di riqualificazione che coinvolgono gli impianti, per via della loro maggiore remunerabilità. Tuttavia bisogna considerare che il dimensionamento corretto di un impianto termico dipende dal suo involucro, di conseguenza, la scelta più corretta da un punto di vista energetico è sempre quella di iniziare riqualificando l'involucro edilizio, e solo successivamente passare agli impianti. In questo modo si può ad esempio evitare una spesa eccessiva per l'installazione di una caldaia di una data potenza, poiché, in seguito alla coibentazione della muratura, sarà sufficiente un generatore di taglia inferiore.

Per le ragioni sopra esposte in entrambi gli scenari proposti SCN1 e SCN2, oltre alla riqualificazione degli impianti, sono stati inclusi anche interventi di efficientamento dell'involucro.

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

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

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



## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO	10/1997	E01576
02	TAVOLA PIANO TERRA	10/1997	PIANT
03	TAVOLA PIANO 1	10/1997	PIAN1
04	TAVOLA PIANO 2	10/1997	PIAN2
05	TAVOLA PIANO 3	10/1997	PIAN3
06	TAVOLA PIANO 4	10/1997	PIAN4
07	TAVOLA PIANO 6	10/1997	PIAN5
08	TAVOLA PIANO 6	10/1997	PIAN6
09	TAVOLA PIANO COPERTURA	10/1997	PIANC
10	TAVOLA PIANO COPERTURA COMPLESSIVA	10/1997	PIANC_P
11	SCHEMA CENTRALE TERMICA	06/2017	138-P00-001
12	SCHEMA CENTRALE TERMICA	08/2017	139-P00-001
13	CENSIMENTO PIANO TERRA	08/2017	L1-042-138_139-P00
14	CENSIMENTO PIANO 1	08/2017	L1-042-138_139-P01
15	CENSIMENTO PIANO 2	08/2017	L1-042-138_139-P02
16	CENSIMENTO PIANO 3	08/2017	L1-042-138_139-P03
17	CENSIMENTO PIANO 4	08/2017	L1-042-138_139-P04
18	CENSIMENTO PIANO 5	08/2017	L1-042-138_139-P05
19	CENSIMENTO PIANO 6	08/2017	L1-042-138_139-P06
20	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	08/2017	L1-042-138_139-P00 - Checklist
21	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	08/2017	L1-042-138_139-P01 - Checklist
22	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	08/2017	L1-042-138_139-P02 - Checklist
23	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	08/2017	L1-042-138_139-P03 - Checklist
24	CENSIMENTO PIANO 4-CHECKLIST	08/2017	L1-042-138_139-P04 - Checklist
25	CENSIMENTO PIANO 5 -CHECKLIST	08/2017	L1-042-138_139-P05 - Checklist
26	CENSIMENTO PIANO 5 -CHECKLIST	08/2017	L1-042-138_139-P06 - Checklist
27	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065502
28	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098231
29	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134947
30	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176175
31	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214999
32	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248920
33	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700320256
34	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345638
35	FATTURA DEL 17/11/2014	-	5700397633
36	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411615
37	FATTURA DEL 24/02/2015	-	5700448338
38	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700493164
39	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544358
40	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750082011
41	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140853
42	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163938
43	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175681
44	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337531
45	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234074
46	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281529
47	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386685
48	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432872

*E1576 - Nido Aquilone, Scuole inf. e prim. M.Grappa e Sec. Bixio*

49	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483591
50	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018566
51	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084153
52	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310254
53	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150599
54	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150599
55	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084154
56	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194182
57	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334613
58	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238246
59	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278563
60	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025277
61	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087949
62	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048520
63	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060831
64	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074904
65	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640125737
66	FATTURA DEL 14/03/2016	-	011740039680
67	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100079
68	FATTURA DEL 16/02/2016	-	011740023046
69	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
70	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P00	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P01	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P02	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P03	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P04	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP4
06	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P05	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP5
07	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P06	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP6
08	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura elettrica	03/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
09	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
10	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1576 Grafici_Template_rev13

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

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

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

### RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

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

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

### STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

#### MISURE METRICHE

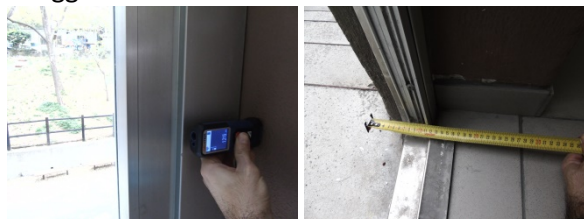
##### Distanziometro e bindella metrica

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

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

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

Di seguito si riportano delle fotografie che documentano l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



### Spessivetro

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

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

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



### MISURE ILLUMINOTECNICHE

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

### ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

### RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

#### Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

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

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

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

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

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

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

### RILIEVI TERMOIGROMETRICI

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

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

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

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

Di seguito si riportano delle fotografie che documentano l'utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



### MISURE ELETTRICHE

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



## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Scuola infanzia e primaria M. Grappa	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoSubA
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Asilo Nido Aquilone	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoSubB
02	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Scuola secondaria di primo grado Bixio	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoSubC
03	ALLEGATO G – FAC SIMILE ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Intero edificio	02/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoInteroEdificio

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoK-SchedeOre



## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1576_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

## **ALLEGATO N – CD-ROM**