

**SCUOLA ELEMENTARE MATERNA STATALE E  
MEDIA "GARIBALDI"  
E1517  
VIA BOLOGNA 6/A, 16127, GENOVA (GE)**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



**Aprile 2018**

**COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**



**COMUNE DI GENOVA**



# **SCUOLA ELEMENTARE MATERNA STATALE E MEDIA “GARIBALDI”**

**E1517**

**VIA BOLOGNA 6/A, 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	Revisione come richiesto 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 9.14 – 9.20
			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.....	9
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	24
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>25</b>
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	32
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>36</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>44</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	44
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	45
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	48
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48

7.4	BASLINE DEI COSTI.....	49
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>51</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	51
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	51
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	57
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria .....</i>	59
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	59
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	60
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	62
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>64</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	73
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	82
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM3 + EEM4.....</i>	84
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4.....</i>	90
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>96</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	96
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	96
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	96
	<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	-	1965
Anno di ristrutturazione	-	-
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	3.211
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	5.062
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	14.206
Rapporto S/V	[1/m]	0,36
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.669
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.209
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.878
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard modulante a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	580 – 760 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Stesso generatore riscaldamento e Boiler Elettrico ad accumulo
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	61,70
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	202.244
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	15.785
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	47.288
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.571

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli
- EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti (solo quelli con policarbonato alveolare) e installazione di valvole termostatiche
- EEM 2bis: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti (tutti) e installazione di valvole termostatiche
- EEM 3: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche
- EEM 4: installazione impianto solare termico per produzione ACS
- EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- SCN 1: EEM1 + EEM3
- SCN 2: EEM1 + EEM3 + EEM4 + EEM5



## E1517 – Scuola Elementare Materna statale e Media “Garibaldi”

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub> [%]	%Δ <sub>CO2</sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	12,7%	13,3%	3.190	0	0	81.492	13,8	22,8	30	8.501	5,2%	0,10	-	-
EEM 2	11,3%	11,8%	2.837	0	0	68.872	14,5	23,7	30	6.397	5,1%	0,09	-	-
EEM 2bis	19,5%	20,4%	4.907	0	0	299.866	>30	>30	30	<0	-0,5%	0,30	-	-
EEM 3	29,4%	30,8%	7.398	1.597	425	37.145	3,0	3,4	15	67.729	28,5%	1,82	-	-
EEM 4	0,3%	0,3%	73	0	0	12.990	29,7	>30	15	<0	-15,5%	0,57	-	-
EEM 5	7,5%	6,9%	1.875	0	0	94.984	11,8	13,2	8	<0	-11,9%	0,41	-	-
SCN 1	32,6%	33,9%	6.766	1.926	512	50.134	2,1	2,4	15	25.154	54,62%	0,5	1,37	2,59
SCN 2	43,1%	44,9%	8.954	1.284	341	189.364	9,0	14,8	25	11.141	15,0%	0,06	1,06	1,42

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

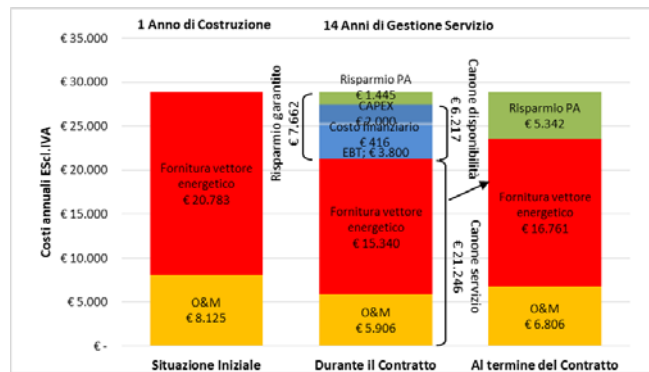
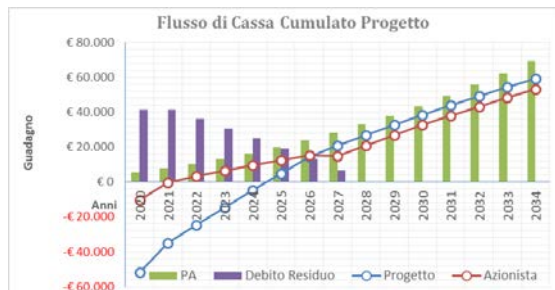
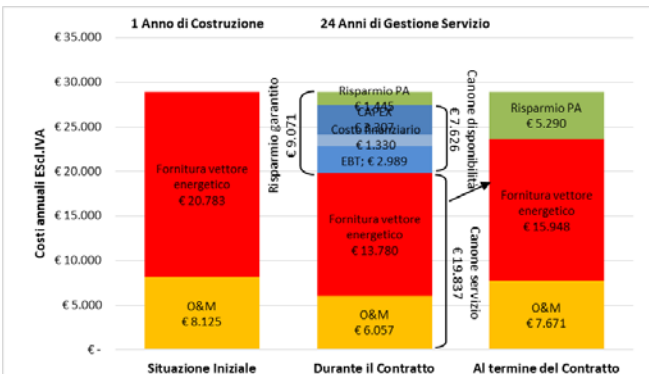
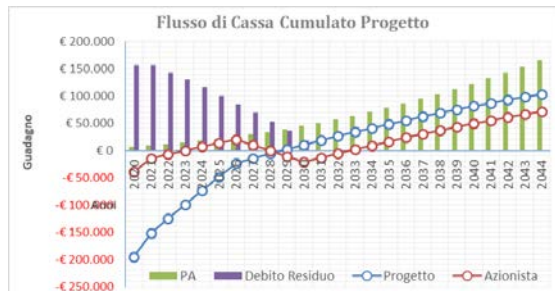


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l’involucro sia l’impianto nel rispetto dei vincoli dell’edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Gli scenari prevedono interventi che coinvolgono sia l’involucro edilizio sia gli impianti termici, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile.

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). I due scenari proposti, presentano valori buoni di entrambi gli indici.

## 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 Est



### 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

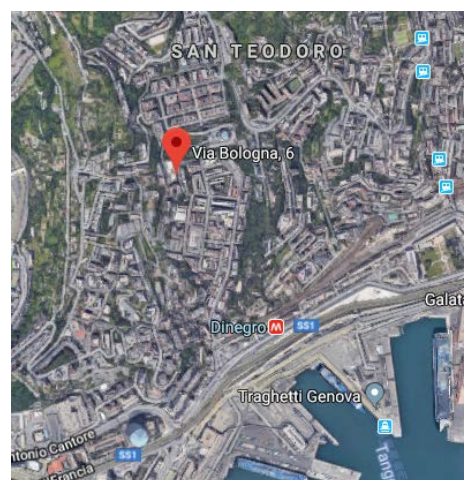
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Vittoria Citterio Ing. Alessandro Cieli		Sopralluogo in sito
Ing. Alice Frontini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Alice Frontini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Alessandro Cieli		Tecnico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

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU, sezione A, foglio 28 Mapp. 564 (mappale 110 non oggetto di diagnosi poiché appartenente a catasto terreni) è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere San Teodoro, nel Municipio II - Centro Ovest.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Elementare, Materna e 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	-	1965
Anno di ristrutturazione	-	-
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	3.211
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	5.062
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	14.206
Rapporto S/V	[1/m]	0,36

Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.669
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.209
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.878
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore di calore standard modulante a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	580 – 760 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Stesso generatore riscaldamento e Boiler Elettrico ad accumulo
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	61,70
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	202.244
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	15.785
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	47.288
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.571

Nota (1): Valori di Baseline

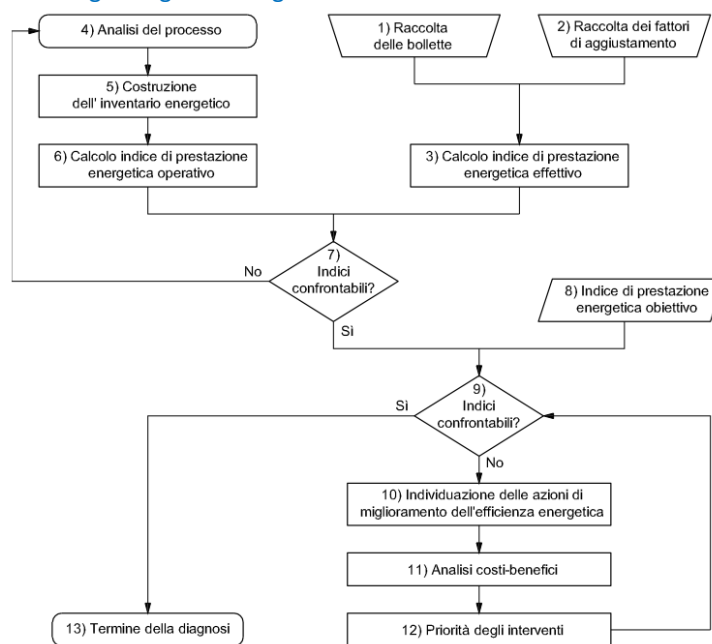
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data [23/11/2017] con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>ref</sub>);
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

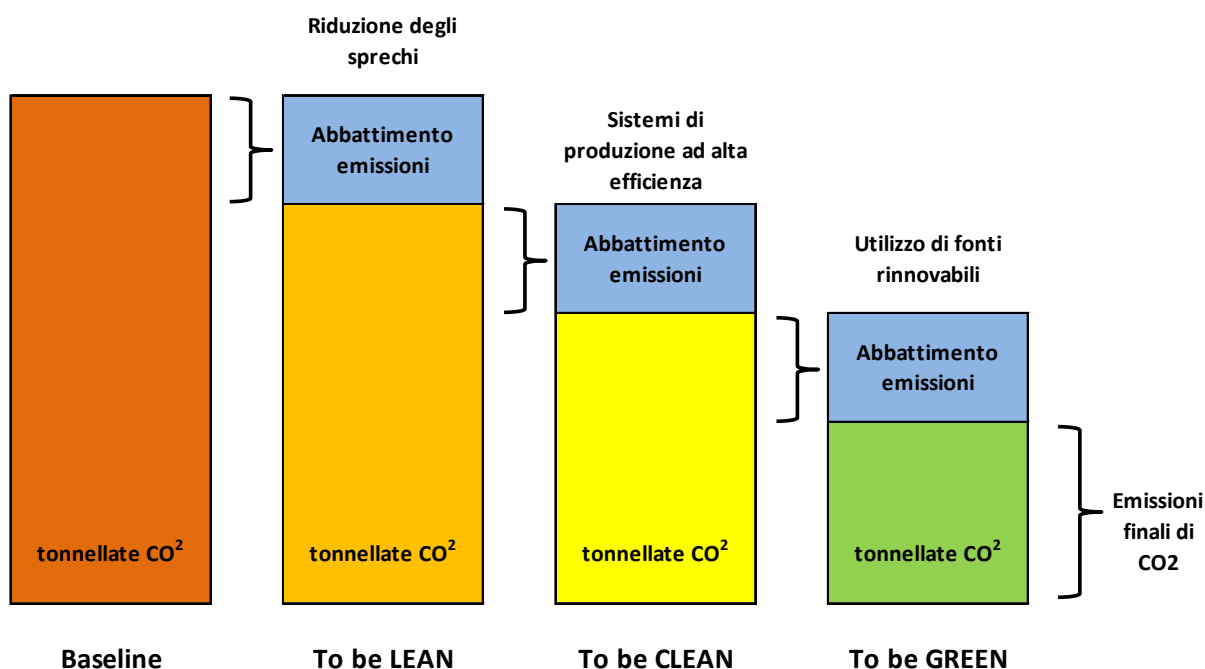
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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:

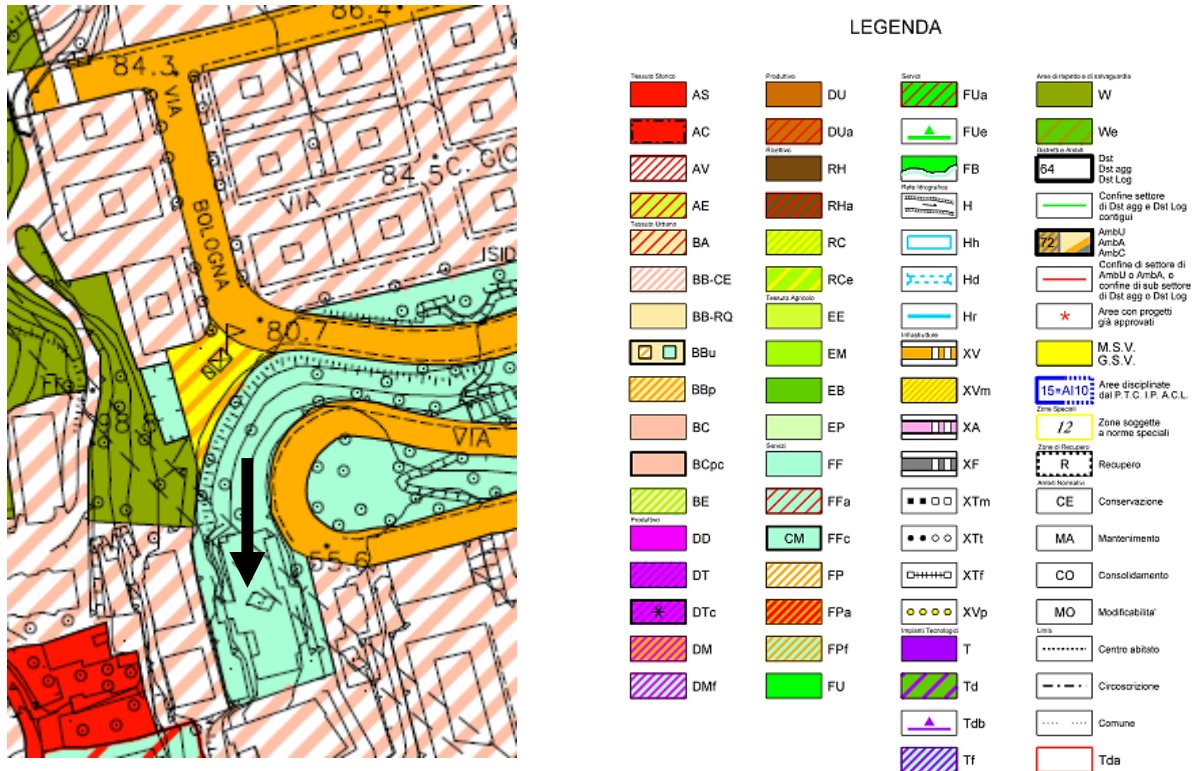
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 ove è ubicata la Scuola Elementare, Materna e Secondaria di primo grado “Garibaldi” è stato realizzato nel 1965.

L'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 350 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.



della DE è costituito complessivamente da 4 piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alla didattiche, un seminterrato in cui sono presenti la cucina e il refettorio e un ulteriore piano a quota tetto costituito da soli due locali magazzino non riscaldati.

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.

[Google Maps](#)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Seminterrato	Cucina, Refettorio e Centrale termica	[m <sup>2</sup> ]	289,32	202,00	0
Piano Terra	Aule insegnati e Palestra	[m <sup>2</sup> ]	600,83	546,00	0
Piano Primo	Aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	755,05	683,00	0
Piano Secondo	Aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	988,75	898,00	0
Piano Terzo	Aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	974,42	882,00	0
Piano Quarto	Locali di servizio	[m <sup>2</sup> ]	60,78	0,00	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>3.669,15</b>	<b>3.211,00</b>	<b>0,00</b>

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

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

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

L'ex circoscrizione "San Teodoro", cerniera tra il centro della città e i quartieri del ponente genovese, fa parte insieme a Sampierdarena del Municipio II Centro Ovest.

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 non risulta sottoposto a vincoli.

Nell'analisi delle EEM non è stato necessario identificare le possibili interferenze; si procede comunque 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: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli	-		-
EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti (solo quelli con policarbonato alveolare) e installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 2bis: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti (tutti) e installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 3: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 4: installazione impianto solare termico per produzione ACS	-		-
EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	-		-

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 (07:30 – 16:30 per la materna; 07:15 – 17:30 per il personale e 08:30 – 14:00 per gli alunni delle elementari; 07:30 – 17:30 per il personale e 08:30 – 14:00 per gli alunni della secondaria), mentre i periodi di funzionamento dell'impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (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.

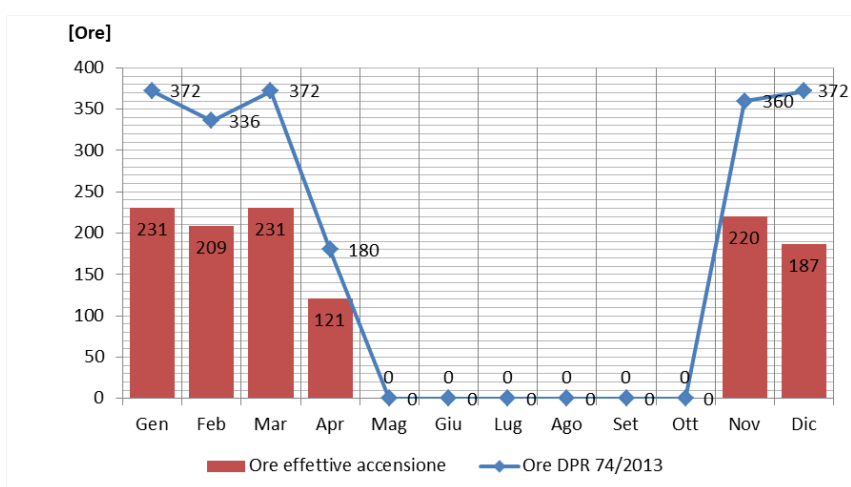
Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segnala l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e

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 SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola Materna “Garibaldi”			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	07:30-16:30	6:30-17:30
Scuola Elementare, Materna e Secondaria di primo grado “Garibaldi”			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	07:15-17:30 personale 08:30-14:00 alunni	6:30-17:30
Scuola Elementare, Materna e Secondaria di primo grado “Garibaldi”			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	07:30-17:30 personale 08:30-16:30 alunni	6:30-17:30

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono abbastanza correlati agli orari di espletamento delle lezioni. L’impianto funziona infatti 11 ore giornaliere anche se in alcune aree dell’edificio vi è una diminuzione di utenti; a volte quindi il riscaldamento è attivo, senza regolazione, anche dopo che parte degli utenti ha lasciato la struttura.

Risulterebbe pertanto un buon intervento ridefinire i momenti di accensione e spegnimento e, in sede di sostituzione del generatore di calore, effettuare una simulazione dinamica per studiare la migliore combinazione di regolazione temporale e temperature impostate.

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	21	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	266	19	19	181	19%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	0	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	17	17	170	18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1.421</b>	<b>220</b>	<b>109</b>	<b>929</b>	<b>100%</b>

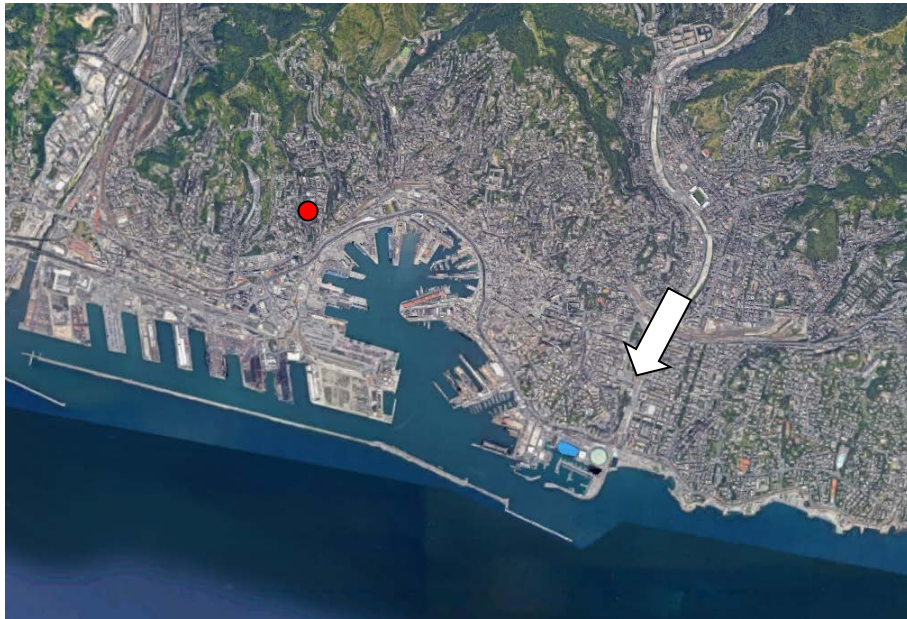
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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.

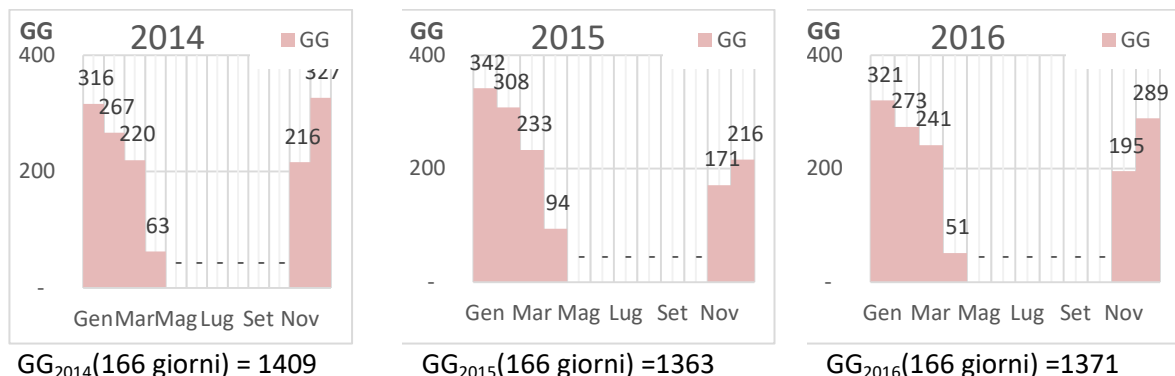
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all’edificio oggetto di DE (puntino rosso)



### 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

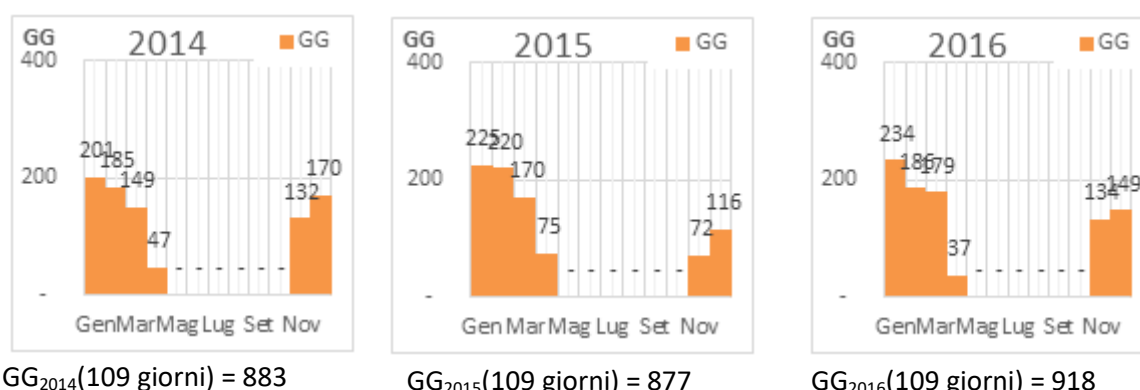


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

L'involucro edilizio opaco di muratura esterna è composto da un muro a cassa vuota.

L'involucro opaco di copertura si compone di una struttura calpestabile piana in laterocemento ricoperta da una membrana impermeabile bituminosa e piastrelle.

L'involucro opaco di basamento si compone presumibilmente di una soletta in laterocemento verso terreno.

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:

- presenza di ponti termici lineari orizzontali e verticali, la quale fornisce indirettamente un'indicazione circa la tipologia edilizia, costituita come descritto sopra.

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

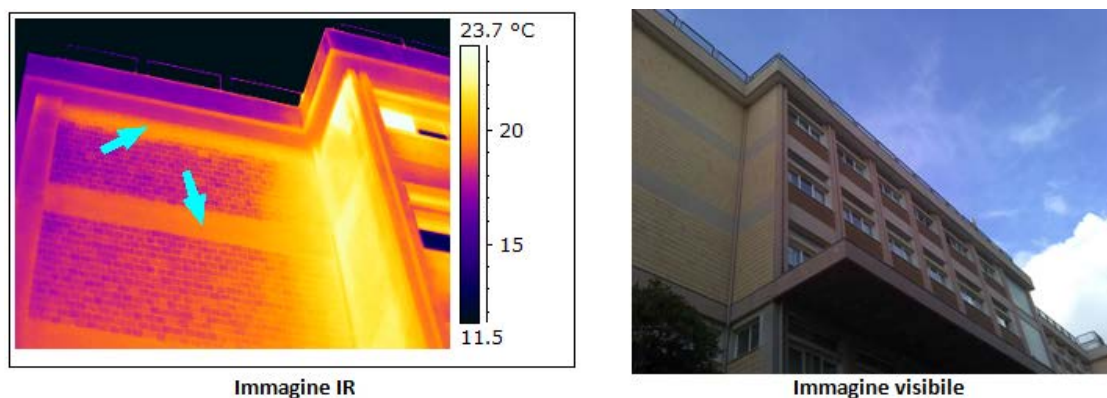
Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete verticale opaca



Figura 4.2 - Particolare della copertura



Figura 4.3 – Rilievo termografico di un dettaglio della facciata est. In evidenza i ponti termici orizzontali causati dalle solette interpiano



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
Copertura	C1	20	assente	1,591	sufficiente
Parete verticale scuola	M1/M2	40/26	assente	0,565/0,885	sufficiente
Pavimento su terreno	P1	30	assente	1,109	sufficiente

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



#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti di varie tipologie: in legno con vetro singolo, in alluminio con vetro singolo, in PVC con policarbonato alveolare, in PVC con vetro doppio. Sono presenti anche delle vetrate composte da moduli U-glass.

Lo stato di conservazione dei serramenti in legno e in alluminio con vetro singolo è insufficiente poiché risultano visibilmente rovinati, mentre quelli in PVC si presentano in buono stato.

Figura 4.4 - Particolari dei serramenti



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

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in legno con vetro singolo da 6 mm; serramenti in alluminio con vetro singolo da 6 mm; serramenti in PVC e policarbonato alveolare; serramenti in PVC con vetro doppio da 4-12-4 mm; U-glass.
- Dispersioni termiche dai telai con forti spifferi all’intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti

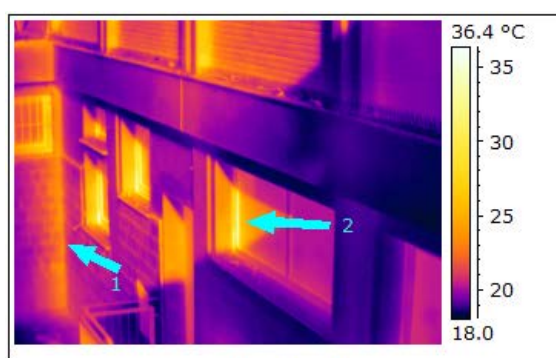


Immagine IR

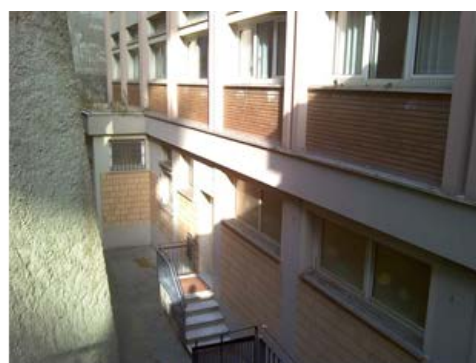


Immagine visibile

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 [HXL]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]			[W/mqK]	
Serramento tipo 1	F01, F02, F03, F04, F08, F09, F11, F12, F13, F17, F18, F19	350x200; 260x200; 170x80; 100x100; 260x100; 220x200; 90x100; 50x100; 50x50; 230x80; 100x80; 140x100	PVC	Doppio	2,80	Buono
Serramento	F01 plast, F02	350x200, 260x200;	PVC	Policarbonato	3,08	Buono

tipo 2	plast, F03 plast, F04 plast, F08 plast, F15 plast, F16 plast	170x80; 100x100; 260x100; 130x200; 200x200		alveolare		
Serramento tipo 3	F05	70x70	Legno	Singolo	4,50	Insufficiente
Serramento tipo 4	F06, F07	300x270, 160x270	Alluminio	Singolo	5,73	Sufficiente
Serramento tipo 5	F10 plast	200x200	Alluminio	Policarbonato alveolare	3,71	Insufficiente
Serramento tipo 6	F20	26x300	-	U glass	2,91	Sufficiente

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

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

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

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da aerotermi ad acqua nella palestra e da radiatori senza valvole termostatiche nel resto dell'edificio.

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

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione



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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio tranne palestra	radiatori	91%
Palestra	aerotermi ad acqua	95%

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]
Seminterrato	Su parete interna/esterna non isolata	7 radiatori	33,9	0,00
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	18 radiatori, 5 aerotermi	25,8(radiatori), 12,6(aerotermi)	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	30 radiatori	42,0	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	42 radiatori	57,1	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	40 radiatori	73,5	0,00
<b>TOTALE</b>		<b>137 radiatori, 5 aerotermi</b>	<b>244,9</b>	<b>0,00</b>

Nota (\*): 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 valvola miscelatrice e valvole deviatrici, comandate dalla sonda climatica esterna e dalle sonde di temperatura sulla tubazione di mandata del generatore.

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

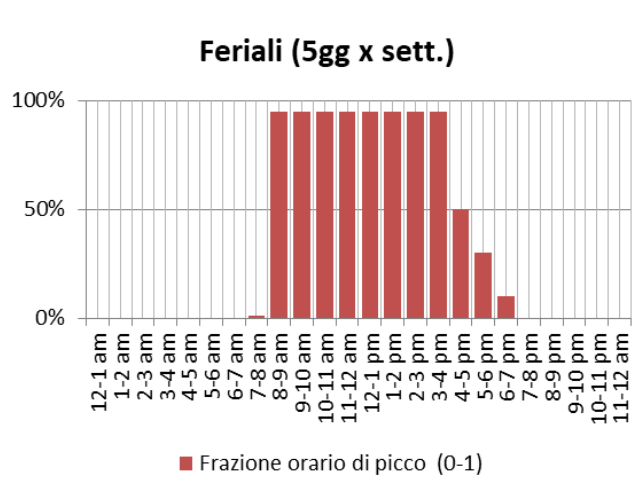
Figura 4.7 - Particolare della valvola miscelatrice



Figura 4.8 – Sonda climatica esterna



Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'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
Intero edificio tranne palestra	Climatica	90%
Palestra	Climatica	88%

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

### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una pompa gemellare di mandata per il circuito radiatori e una pompa per la mandata del circuito aerotermi.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(1)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(2)</sup> [m]	POTENZA ASSORBITA <sup>(3)</sup> [W]
Salmson gemellare C2805N-N1	mandata	-	-	1.240
SalsmomSCX 50-90	mandata	-	-	810

Nota (1): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica;

Nota (2): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica;

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

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

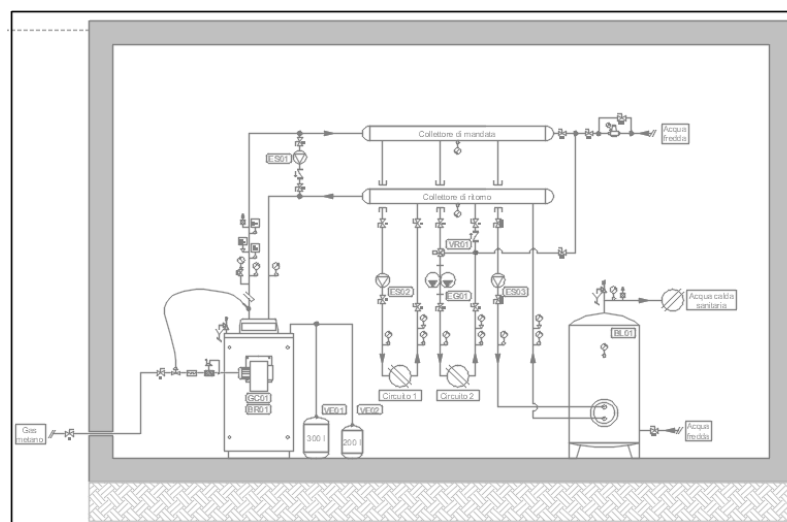
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

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

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): 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.

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 132-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 96% (riferimento normativo 11300-2).

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento modulante Unicall EII 760, installata nel 2004, con bruciatore Cuenod C120.

Figura 4.11 - Generatore di calore



Figura 4.12 - Bruciatore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]	
Gen 1	Riscald. + ACS	Unicall	EII 760	2004	630-830	580-760	89,2 %	2.440

Nota (1) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 83%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 92,2%.

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

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

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

La produzione è eseguita tramite 8 bollitori elettrici ad accumulo presenti ai vari piani dell'edificio. Per i servizi igienici presenti negli spogliatoi della palestra viene sfruttato invece lo stesso generatore (caldaia a basamento modulante) utilizzato per il servizio di riscaldamento in accoppiamento ad un accumulo termico.

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

Figura 4.13 - un esempio di bollitore elettrico ai piani e l'insieme di generatore e accumulo in centrale termica



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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(2)</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>(3)</sup>
<b>Bollitore elettrico ad accumulo</b>					
95%	93%	-	-	75%	13,1%
<b>Generatore a gas</b>					
95%	-	-	-	94,5%	

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): Fonte: modellazione energetica

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

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

Non presente

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

Non presente

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

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali LIM, 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]
Z4, Z5, Z6	PC desktop	44	80	3.520	763 (3,5h x 218 gg)
Z4, Z5, Z6	Stampante laser	11	300	3300	66 (0,3h x 218 gg)
Z5, Z6	Stampante multifunzione	2	600	1.200	73 (0,3h x 218 gg)
Z6	Distributore bevande/snack	2	1.500	3.000	73 (0,2h x 365 gg)
Z1, Z4	Scalda vivande	3	900	2.700	436 (2h x 218 gg)
Z1	Frigorifero	2	70	140	8.760 (24h x 365 gg)
Z4, Z5, Z6	LIM	12	90	1.080	654 (3h x 218 gg)
Z4	Proiettore	1	50	50	109 (0,5h x 218 gg)
Z4, Z5	Stereo	2	50	100	218 (1h x 218 gg)
Z4, Z5	Casse	2	15	30	218 (1h x 218 gg)

Nota (\*) Per la descrizione delle zone termiche si rimanda all’ ALLEGATO J-SCHEDA DI AUDIT

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.

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 [kW]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]
Z1	Fluorescente lineare 1x18 W	16	0,018	1,152
	Fluorescente lineare 2x36 W	3	0,072	0,054
Z2	Fluorescente lineare 1x18 W	24	0,072	1,728
	Fluorescente lineare 2x36 W	5	0,018	0,090
Z3	Fluorescente lineare 2x36 W	16	0,072	1,152
Z4	Fluorescente lineare 2x36 W	74	0,072	5,328
	Fluorescente lineare 1x18 W	9	0,018	0,162
Z5	Fluorescente lineare 2x36 W	83	0,072	5,976
	Fluorescente lineare 1x18 W	10	0,018	0,180
Z6	Fluorescente lineare 2x36 W	83	0,072	5,976
	Fluorescente lineare 1x18 W	8	0,018	0,144

Nota (\*) Per la descrizione delle zone termiche si rimanda all' ALLEGATO J-SCHEDA DI AUDIT

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;
- Energia elettrica

### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è il gas metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(1)</sup>	1,0549	9,42

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio della Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio.

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	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270049191155	Riscald. + ACS	23.254	19.688	19.278	219.050	185.456	181.599

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

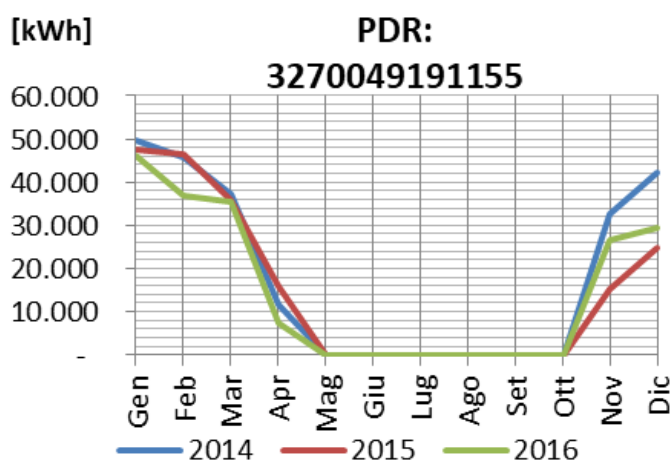
La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270049191155	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.286	5.041	4.910	49.797	47.482	46.255
Febbraio	4.865	4.928	3.904	45.829	46.424	36.771
Marzo	3.934	3.807	3.752	37.056	35.861	35.348
Aprile	1.235	1.678	782	11.634	15.805	7.367
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	3.465	1.621	2.809	32.639	15.266	26.456
Dicembre	4.469	2.614	3.121	42.097	24.623	29.401
Totale	23.254	19.688	19.278	219.053	185.461	181.599

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:

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REAL</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Sm <sup>3</sup> ]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	883	929	19.516	183.842	208	193.419	35.211	0
2015	877	929	16.523	155.650	177	164.878	29.811	0
2016	918	929	16.179	152.408	166	154.234	29.191	0
<b>Media</b>	<b>893</b>	<b>929</b>	<b>17.406</b>	<b>163.966</b>	<b>184</b>	<b>170.842</b>	<b>31.402</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, in diminuzione rispetto al 2014.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}^{(1)}$	31.402
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0,0
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	170.842
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>202.244</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]
IT001E00122693	Intero edificio	48.013	47.064	46.788	47.288

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-E1517 e sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture per l'anno 2014 coincidono con quelli del file kyotoBaseline-E1517;
- i dati delle fatture per gli anni 2015 e 2016 sono inferiori a quanto indicato nel file kyotoBaseline-E1517, rispettivamente di 4.115 kWh e 3.610 kWh.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 48.013 kWh; anno 2015 51.179 kWh; anno 2016 49.863 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 47.288 kWh.

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

POD: IT001E00122693	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2014</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4281	636	866	5.783
Feb - 14	4158	620	589	5.367
Mar - 14	3511	605	629	4.745
Apr - 14	3001	557	609	4.167
Mag - 14	2579	492	527	3.598
Giu - 14	2030	384	479	2.893
Lug - 14	1128	282	392	1.802
Ago - 14	565	235	405	1.205
Set - 14	2364	433	481	3.278
Ott - 14	3463	645	628	4.736
Nov - 14	3633	701	908	5.242
Dic - 14	3733	654	810	5.197
<b>Totale</b>	<b>34.446</b>	<b>6.244</b>	<b>7.323</b>	<b>48.013</b>
<b>POD: IT001E00122693</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2015</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4150	705	861	5.716
Feb - 15	4231	733	711	5.675
Mar - 15	3124	572	596	4.292
Apr - 15	2141	426	468	3.035

Mag - 15	2744	531	677	3.952
Giu - 15	2023	403	483	2.909
Lug - 15	1227	391	561	2.179
Ago - 15	731	305	510	1.546
Set - 15	2086	462	611	3.159
Ott - 15	3638	520	525	4.683
Nov - 15	4110	529	671	5.310
Dic - 15	3384	494	730	4.608
<b>Totale</b>	<b>33.589</b>	<b>6.071</b>	<b>7.404</b>	<b>47.064</b>
<b>POD: IT001E00122693</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen - 16	3858	554	879	5.291
Feb - 16	3921	558	634	5.113
Mar - 16	3522	469	626	4.617
Apr - 16	3029	573	802	4.404
Mag - 16	3211	437	564	4.212
Giu - 16	1846	361	500	2.707
Lug - 16	1126	372	470	1.968
Ago - 16	832	292	424	1.548
Set - 16	1867	376	428	2.671
Ott - 16	3286	502	530	4.318
Nov - 16	4179	525	626	5.330
Dic - 16	3191	591	827	4.609
<b>Totale</b>	<b>33.868</b>	<b>5.610</b>	<b>7.310</b>	<b>46.788</b>

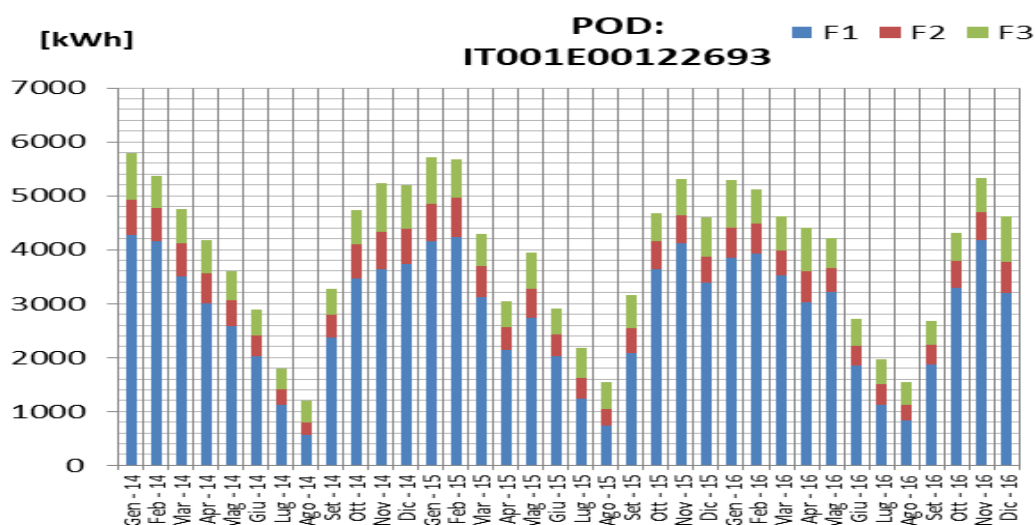
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

<b>BASELINE</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gennaio	4.096	632	869	5.597
Febbraio	4.103	637	645	5.385
Marzo	3.386	549	617	4.551
Aprile	2.724	519	626	3.869
Maggio	2.845	487	589	3.921
Giugno	1.966	383	487	2.836
Luglio	1.160	348	474	1.983
Agosto	709	277	446	1.433
Settembre	2.106	424	507	3.036
Ottobre	3.462	556	561	4.579
Novembre	3.974	585	735	5.294
Dicembre	3.436	580	789	4.805
<b>Totale</b>	<b>33.968</b>	<b>5.975</b>	<b>7.346</b>	<b>47.288</b>

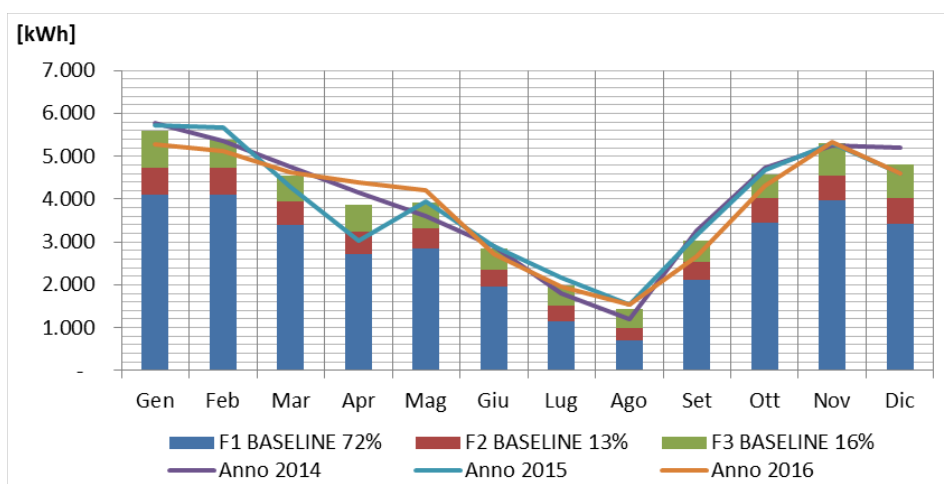
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

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 il mese di agosto, in cui l'occupazione dell'edificio è pressoché nulla.

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 IT001E00122693.

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 49,94 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.

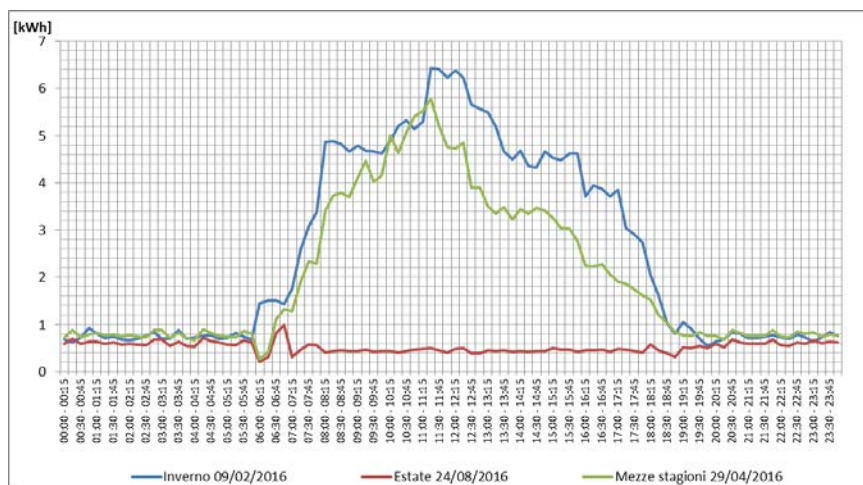
Nella tabella seguente si riporta l’analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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 IT001E00122693

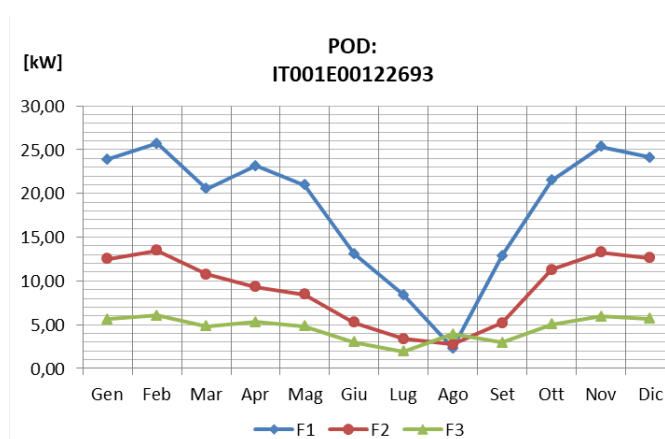


Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 19 fino al mattino alle 6.30), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i



consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l'edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero ed il rack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00122693



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 25,73 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

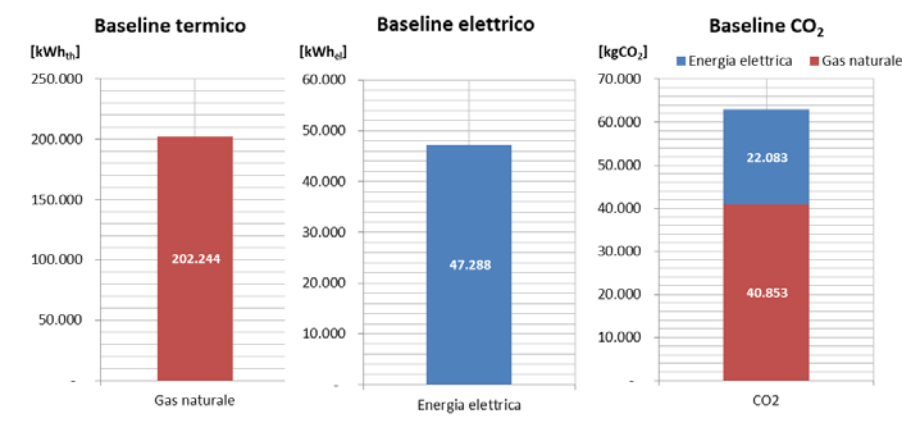
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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	47.288		0,467	22,08
Gas naturale	202.244		0,202	40,85

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 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.211	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.309	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	14.836	m <sup>3</sup>

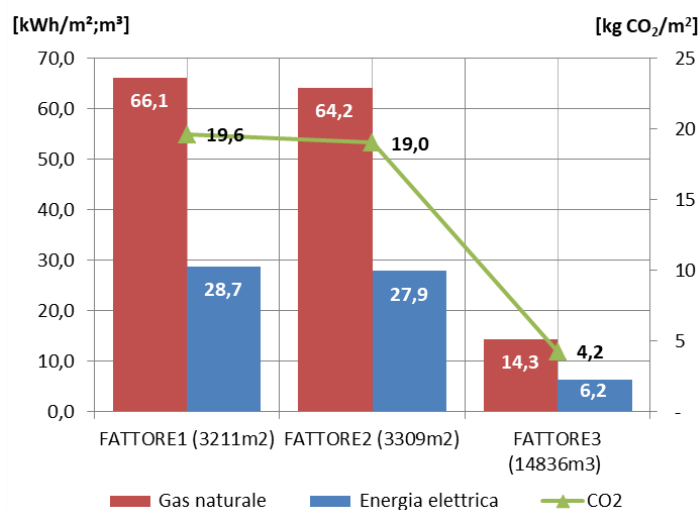
Nella Tabella 5.14 e Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

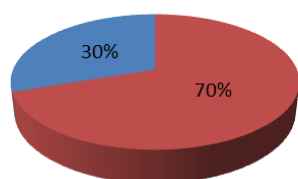
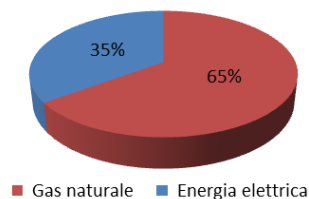
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 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	202.244	1,05	212.356	66,1	64,2	14,3	12,72	12,35	2,75
Energia elettrica	47.288	2,42	114.438	35,64	34,58	7,71	6,88	6,67	1,49
<b>TOTALE</b>			<b>320.359</b>	<b>99,77</b>	<b>96,81</b>	<b>21,59</b>	<b>19,21</b>	<b>18,65</b>	<b>4,16</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	202.244	1,05	212.356	66,1	64,2	14,3	12,72	12,35	2,75
Energia elettrica	47.288	1,95	92.212	28,7	27,9	6,2	6,88	6,67	1,49
<b>TOTALE</b>			<b>304.568</b>	<b>95</b>	<b>92</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>4</b>

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazioneFigura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria

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

Trattandosi di edifici scolastici, 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	11,1	9,0	8,5	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	13,5	13,2	13,2

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori BUONI per l'indice IEN<sub>R</sub> e INSUFFICIENTI per l'indice IEN<sub>E</sub>.

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

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	241,53	230,40
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	178,81	177,96
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	14,1	13,26
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	47,84	38,55
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,78	0,63
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	56,2	56,2

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	59.436	[m <sup>3</sup> /anno]	589.754
Energia Elettrica	46.854	[kWh/anno]	91.365

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni energetici risultanti 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 [kWh <sub>el</sub> ]
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 403.(1): Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

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

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

Nella Tabella 6.4 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	122,28	111,38
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	58,71	58,09
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	14,94	14,10
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	47,84	38,55
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,79	0,63
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	32,39	32,39

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

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

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

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	21.471	202.261
Energia Elettrica	-	47.318

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]	[%]
202.261	202.244	0,01%

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)

$EE_{\text{teorico}}$	$EE_{\text{baseline}}$	Conguità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
47.318	47.288	0,06%

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



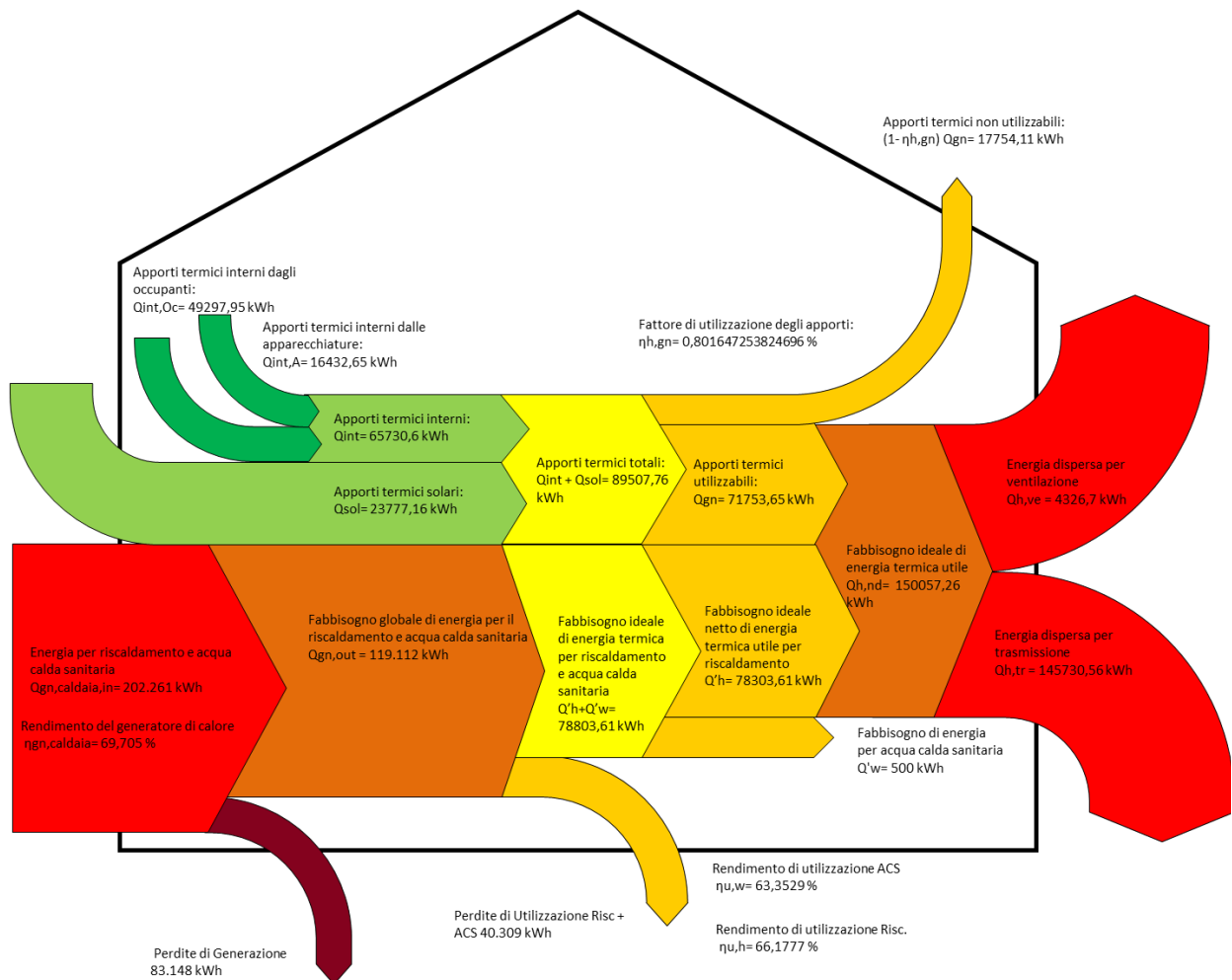
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

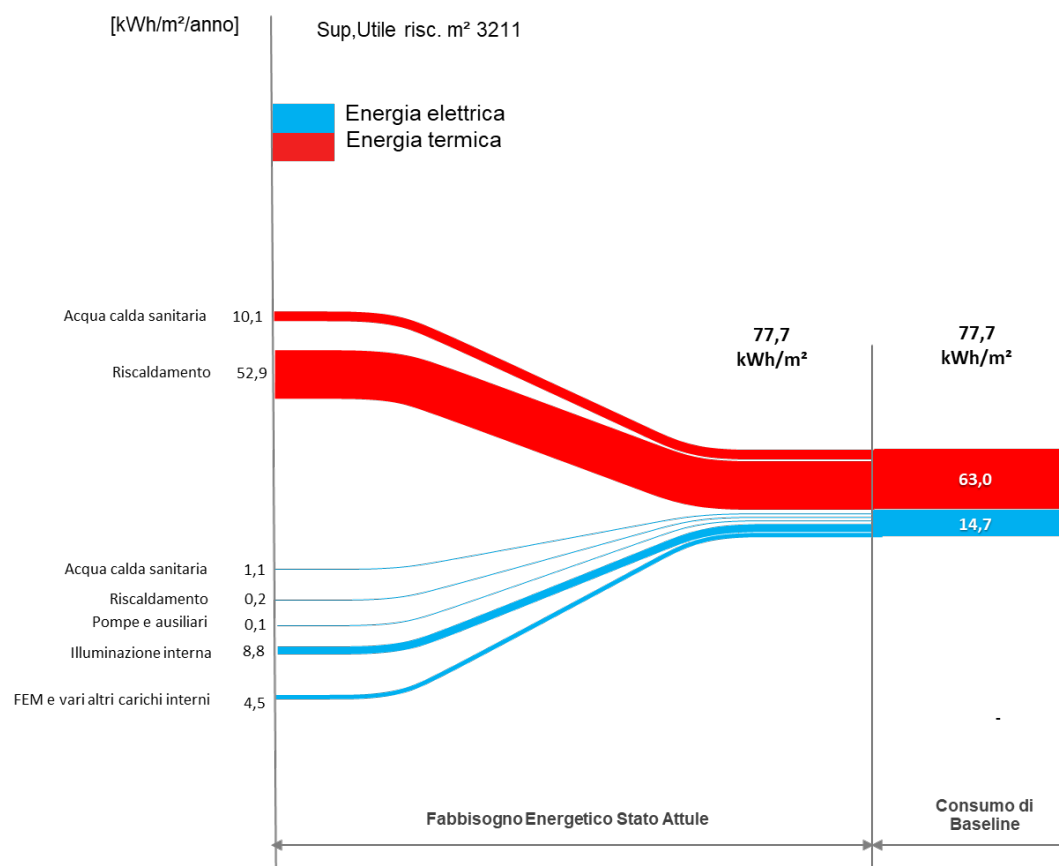
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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 80% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e produzione di acs sono rispettivamente 63% e 66%.

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

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



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

Il contributo definito come “Altro – Congruità” è valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline.

Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

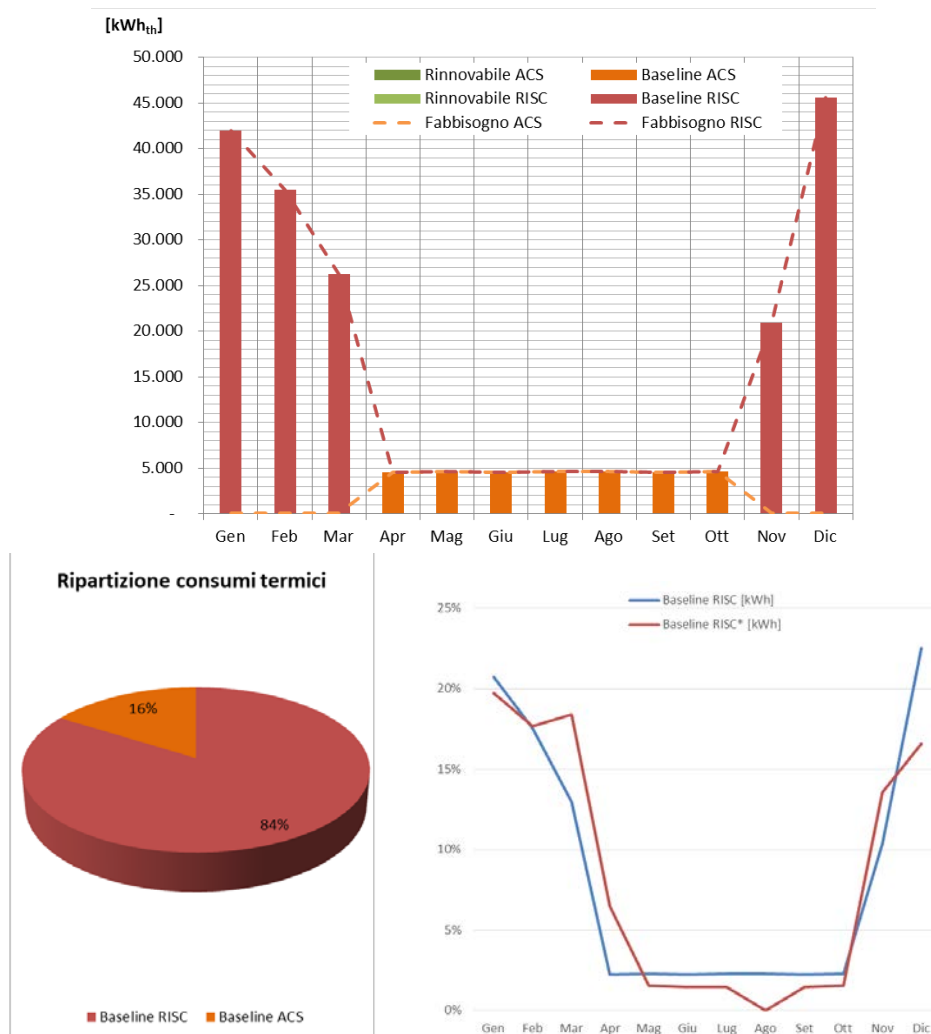
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici 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 principalmente tale utilizzo.

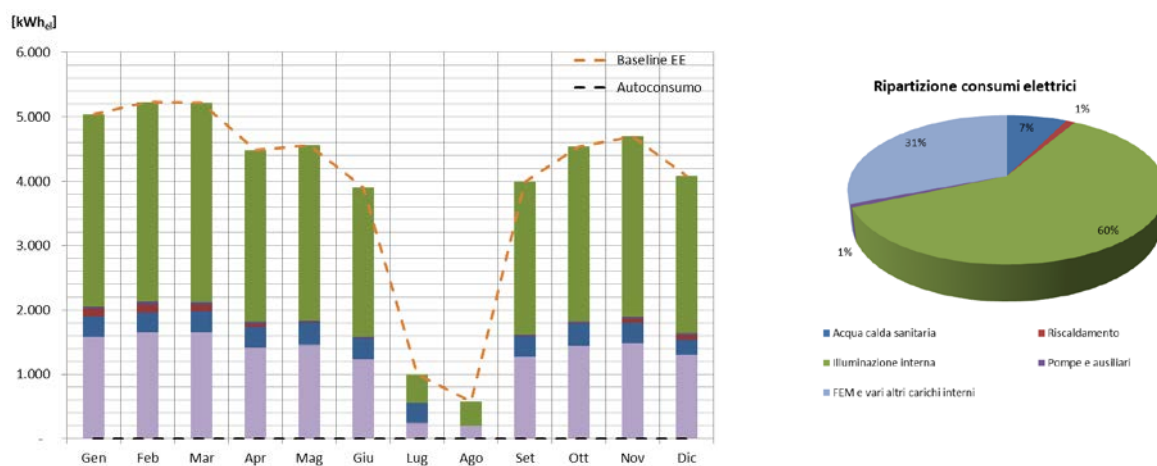
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



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

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 3270049191155 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	0,077
Mag - 17	0,077
Giu - 17	0,077
Lug - 17	0,075
Ago - 17	0,075
Set - 17	0,075
Ott - 17	0,077
Nov - 17	0,077
Dic - 17	0,077
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,0782</b>

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.

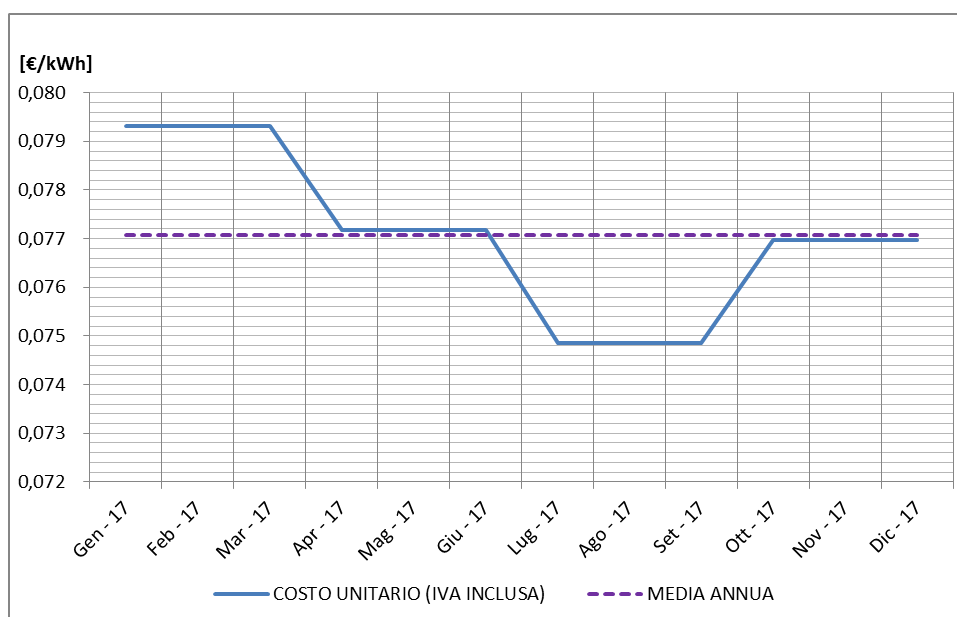


Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00122693 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: IT001E00122693	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	33 kW	33 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	CONSIP EE12 - L2 - Delibera 308/2016/R/eel - Tariffa BTA4; CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup> [€/kWh]	0,08	0,06	0,08

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. 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: IT001E00122693	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	335	55	420	59	87	956	5.783	0,170
Feb - 14	546	69	626	81	132	1.454	5.367	0,270
Mar - 14	374	61	451	59	95	1.040	4.745	0,220
Apr - 14	328	73	417	52	87	957	4.167	0,230
Mag - 14	280	62	373	45	76	835	3.598	0,230
Giu - 14	206	50	246	36	54	592	2.893	0,200
Lug - 14	137	29	234	23	42	465	1.802	0,260
Ago - 14	88	19	188	15	31	342	1.205	0,280
Set - 14	254	52	350	41	70	767	3.278	0,230
Ott - 14	367	69	473	59	97	1.065	4.736	0,220
Nov - 14	397	77	513	66	105	1.158	5.242	0,220
Dic - 14	387	76	512	65	104	1.145	5.197	0,220
<b>Totale</b>	<b>3.700</b>	<b>694</b>	<b>4.803</b>	<b>600</b>	<b>980</b>	<b>10.777</b>	<b>48.013</b>	<b>0,224</b>
POD: IT001E00122693	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	412	75	532	71	109	1.199	5.716	0,210
Feb - 15	394	75	529	71	107	1.175	5.675	0,210
Mar - 15	377	75	532	71	106	1.161	4.292	0,270
Apr - 15	240	-	269	38	48	595	3.035	0,200
Mag - 15	173	-	276	53	57	558	3.952	0,140
Giu - 15	158	-	263	37	46	504	2.909	0,170
Lug - 15	131	-	302	33	47	512	2.179	0,240
Ago - 15	175	-	423	43	64	705	1.546	0,460
Set - 15	80	-	227	21	33	361	3.159	0,110
Ott - 15	145	-	296	39	48	528	4.683	0,110
Nov - 15	247	-	646	74	97	1.064	5.310	0,200
Dic - 15	400	-	555	69	102	1.127	4.608	0,240

<b>Totale</b>	<b>2.932</b>	<b>225</b>	<b>4.849</b>	<b>620</b>	<b>863</b>	<b>9.489</b>	<b>47.064</b>	<b>0,202</b>
---------------	--------------	------------	--------------	------------	------------	--------------	---------------	--------------

POD: IT001E00122693	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	233	510	66	-	81	890	5.291	0,170
Feb - 16	208	489	64	-	76	836	5.113	0,160
Mar - 16	459	448	58	-	96	1.061	4.617	0,230
Apr - 16	233	118	312	55	72	789	4.404	0,180
Mag - 16	239	116	299	53	71	777	4.212	0,180
Giu - 16	444	102	196	34	78	854	2.707	0,320
Lug - 16	142	96	146	25	41	449	1.968	0,230
Ago - 16	99	92	117	19	33	360	1.548	0,230
Set - 16	191	102	194	33	52	572	2.671	0,210
Ott - 16	353	119	307	54	83	916	4.318	0,210
Nov - 16	475	128	376	67	105	1.151	5.330	0,220
Dic - 16	389	122	327	58	89	984	4.609	0,210
<b>Totale</b>	<b>3.465</b>	<b>2.440</b>	<b>2.463</b>	<b>397</b>	<b>876</b>	<b>9.641</b>	<b>46.788</b>	<b>0,206</b>

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

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

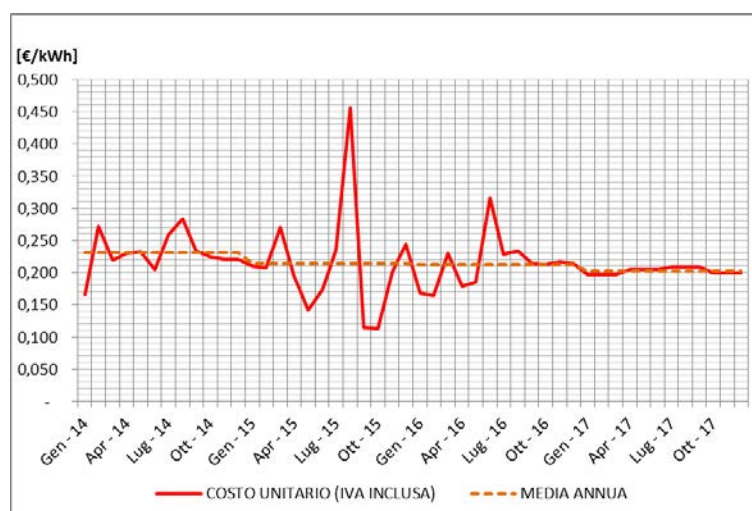
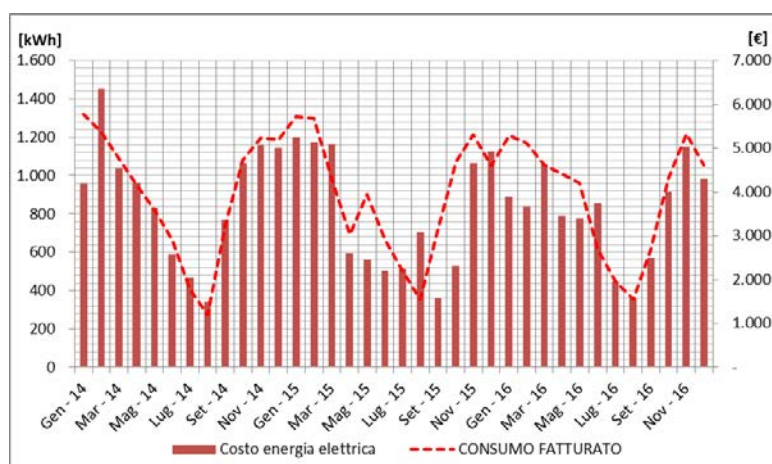


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica





Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi segue l’andamento dei consumi di energia elettrica, 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. 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	219.050	n.d.	n.d.	48.013	10.777,04	0,22
2015	185.456	n.d.	n.d.	47.064	9.489,15	0,20
2016	181.599	n.d.	n.d.	46.788	9.461,33	0,21
Media	195.368	n.d.	n.d.	47.288	9.969,17	0,21

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono assunti i valori di riportati nella Tabella 7..

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu <sub>Q</sub> 0,078	[€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore ARERA ridotto del 5%	Cu <sub>EE</sub> 0,202	[€/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:

- L1-042-132: 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 25.698 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione CM è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (CSIE3) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (CMO) e in una quota straordinaria (CMS) come segue:

$$CMS = 0.1 \times CM$$

$$CMO = 0.9 \times CM$$

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

$$CM = CSIE3 - CQ ;$$

e sono ripartiti in una quota ordinaria (CMO) e in una quota straordinaria (CMS) come segue:

$$CMS = 0.21 \times CM$$

$$CMO = 0.79 \times CM$$

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7..

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub> 7.896	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 2.123	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

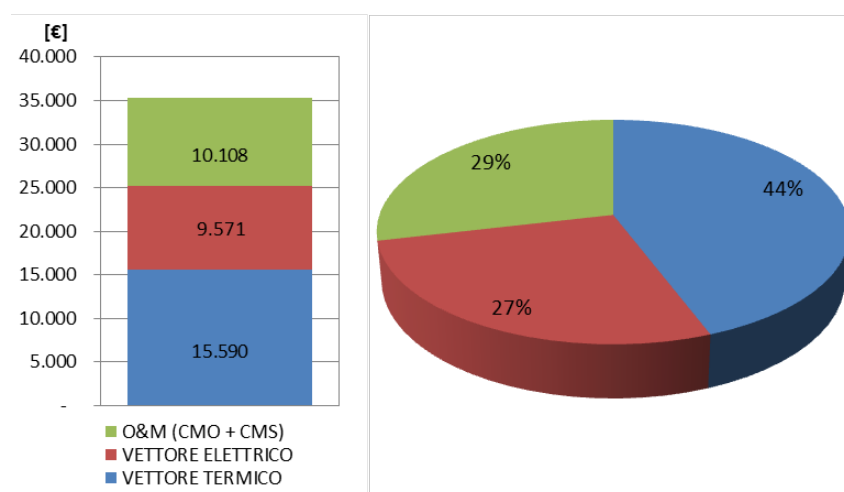
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 25.160 € e un  $C_{baseline}$  pari a 35.269 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )		TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
202.244	0,077	15.590	47.288	0,202	9.571	10.108	7.986	2.123	35.269

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 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.

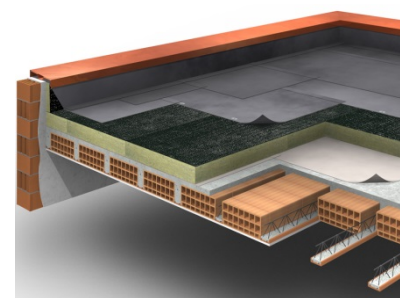
Figura 8.1 - Particolare copertura piana su cui intervenire.



###### 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: 14 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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

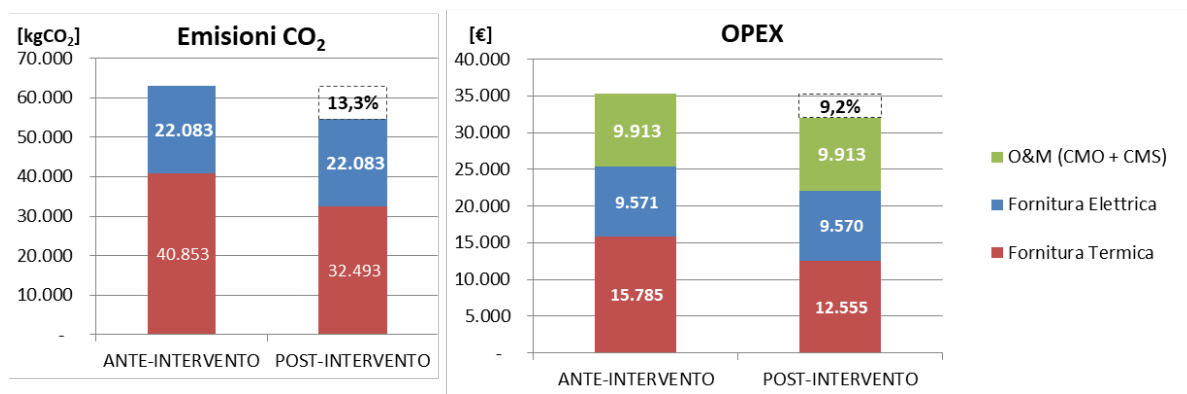
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 - isolamento dall’esterno della copertura piana.

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,519	0,22	<b>85,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	202.261	160.872	<b>20,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.318	47.318	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	202.244	160.859	<b>20,5%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	47.288	47.288	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	32.493	<b>20,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	22.083	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>54.577</b>	<b>13,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	15.785	12.555	<b>20,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	9.571	9.570	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub><sup>(2)</sup></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>22.125</b>	<b>12,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.832	7.832	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.082	2.082	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>9.913</b>	<b>9.913</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>32.039</b>	<b>9,2%</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] per quello elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,202 [€/kWh] per quello elettrico

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



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

### **Generalità**

La misura prevede la sostituzione dei serramenti con policarbonato alveolare e l'installazione delle valvole termostatiche sui radiatori.

Figura 8.3 - Particolari dei serramenti da sostituire.



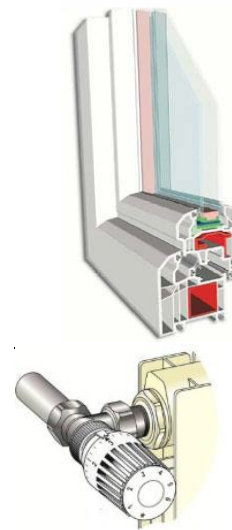
### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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

### **Serramenti in 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.



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.

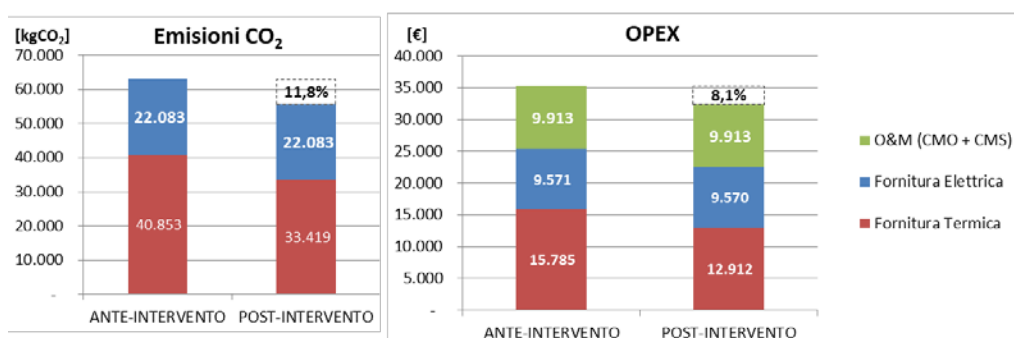
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 - sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	3,47	1,5	<b>56,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	202.261	165.454	<b>18,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.318	47.318	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	202.244	165.440	<b>18,2%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	47.288	47.288	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	33.419	<b>18,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	22.083	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>55.502</b>	<b>11,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	15.785	12.912	<b>18,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.571	9.570	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>22.483</b>	<b>11,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.832	7.832	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.082	2.082	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>9.913</b>	<b>9.913</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>32.396</b>	<b>8,1%</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 0,202 [€/kWh] per quello elettrico

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



## EEM2bis: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

### Generalità

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

Figura 8.5 - Particolari dei serramenti da sostituire.



### Caratteristiche funzionali e tecniche

Vedi EEM2

### Descrizione dei lavori

SERRAMENTI

Vedi EEM2

VALVOLE TERMOSTATICHE

Vedi EEM2

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2bis sono riportati nella Tabella 8.3.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM2bis - sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

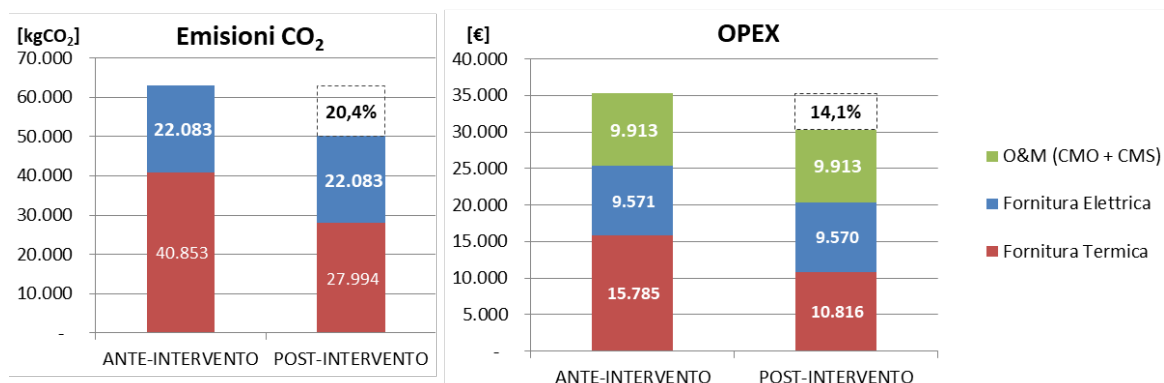
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2bis Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	3,08	1,5	<b>51,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	202.261	138.596	<b>31,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.318	47.318	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	202.244	138.585	<b>31,5%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	47.288	47.288	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	27.994	<b>31,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	22.083	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>50.078</b>	<b>20,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	15.785	10.816	<b>31,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.571	9.570	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>20.387</b>	<b>19,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.832	7.832	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.082	2.082	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>9.913</b>	<b>9.913</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>30.300</b>	<b>14,1%</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 0,202 [€/kWh] per quello elettrico



Figura 8.6 – EEM2bis: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline.



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### **EEM3: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche**

##### **Generalità**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Figura 8.7 – Sistema di generazione obsoleto da sostituire



### Descrizione dei lavori

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

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



### Prestazioni raggiungibili

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

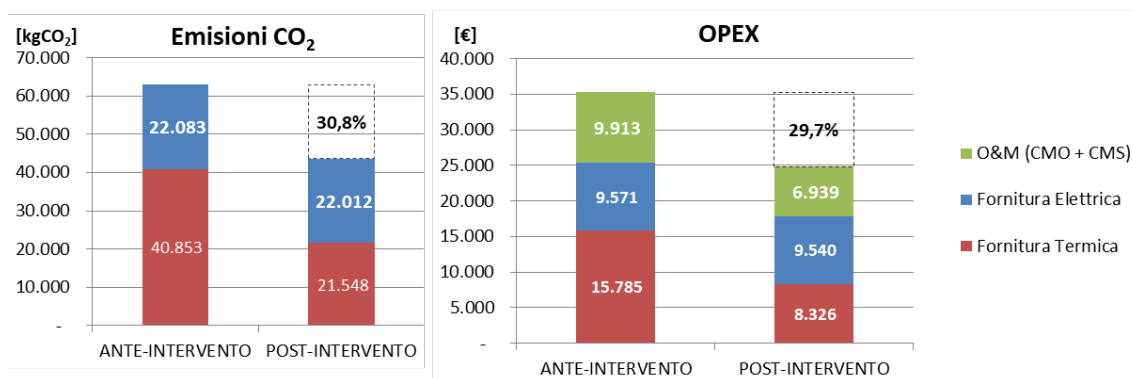
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 - sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 Rendimento di generazione	[-]	70%	87%	-24,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	202.261	106.683	47,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	47.318	47.165	0,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	202.244	106.674	47,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	47.288	47.135	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	21.548	47,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	22.012	0,3%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>43.560</b>	<b>30,8%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	15.785	8.326	47,3%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	9.571	9.540	0,3%
<b>Fornitura Energia, <math>C_e</math></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>17.865</b>	<b>29,5%</b>
$C_{MO}$	[€]	7.832	5.482	30,0%
$C_{MS}$	[€]	2.082	1.457	30,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>9.913</b>	<b>6.939</b>	<b>30,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>24.805</b>	<b>29,7%</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 0,202 [€/kWh] per quello elettrico

Nota (3) La riduzione del 30% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.8 – EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline.

### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

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

### 8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

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

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM5: 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 incandescenza con lampade a led.

L'intervento interessa tutti i punti luce della scuola e comporta la sostituzione diretta delle lampade esistenti con delle nuove lampade a led.

Figura 8.9 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

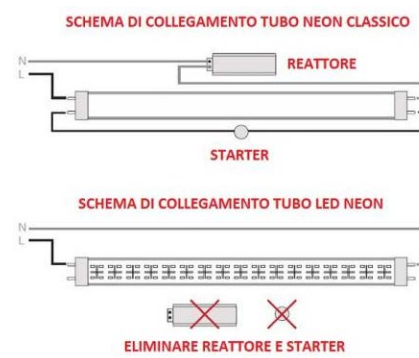
Alcuni dei vantaggi che si possono ottenere grazie all'utilizzo della tecnologia a led sono i seguenti:

- 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



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.4.

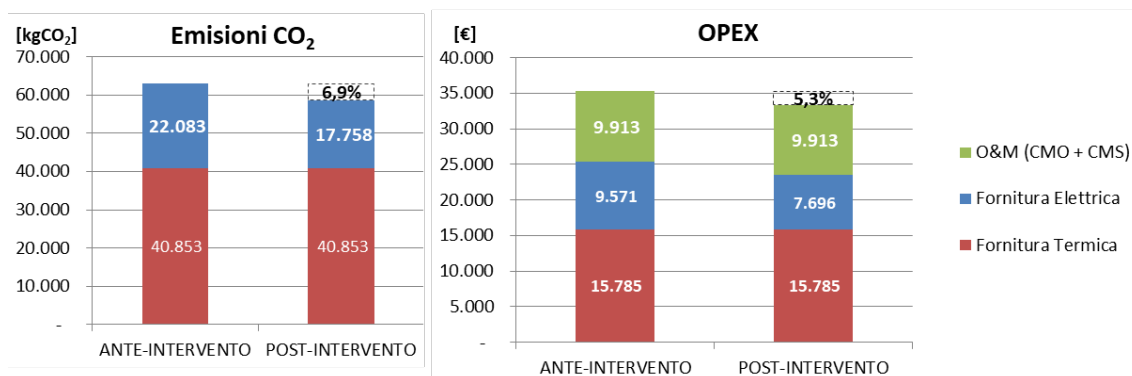
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM5 - installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 Efficienza luminosa	[lm/W]	84	150	<b>-78,6%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	202.261	202.261	<b>0,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	47.318	38.050	<b>19,6%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	202.244	202.244	<b>0,0%</b>
$EE_{Baseline}$	[kWh]	47.288	38.026	<b>19,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	40.853	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	17.758	<b>19,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>58.611</b>	<b>6,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	15.785	15.785	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	9.571	7.696	<b>19,6%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>23.481</b>	<b>7,4%</b>
$C_{MO}$	[€]	7.832	7.832	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.082	2.082	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>9.913</b>	<b>9.913</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>33.394</b>	<b>5,3%</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 0,202 [€/kWh] per quello elettrico

Figura 8.10 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline.



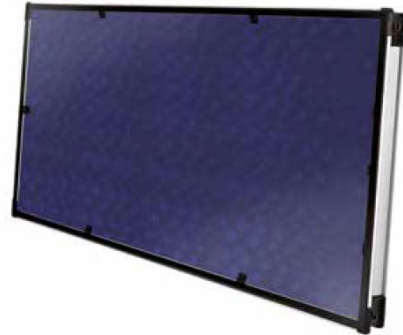
### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

#### EEM4: installazione impianto Solare termico per produzione ACS

##### Generalità

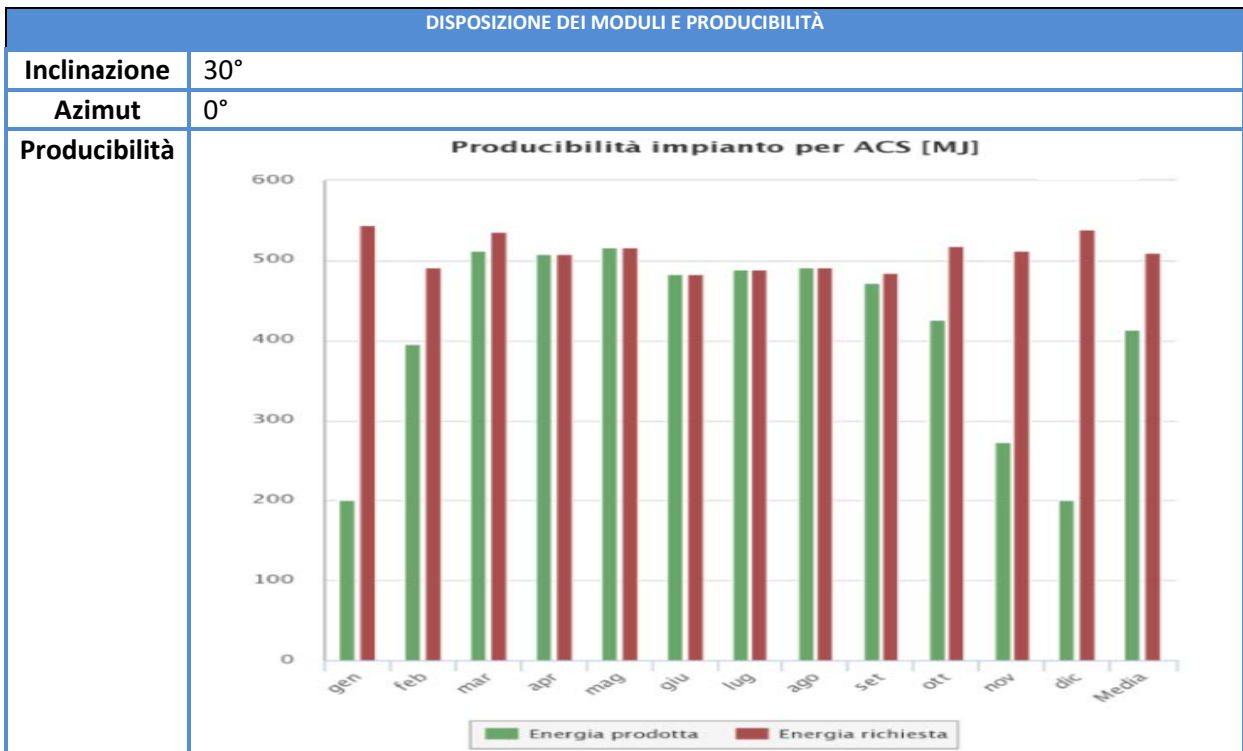
Realizzazione di un impianto solare termico per la produzione di ACS avente n.4 moduli a collettori piani e superficie lorda 2,26 m<sup>2</sup>.

Figura 8.2 – Particolare impianto solare termico



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Massa a vuoto	Kg	46
Pressione d'esercizio	bar	6
Diametro tubi collettore	mm	18
Quantità liquido collettore	l	2,5
Assorbimento	%	95
Emissione	%	5
Superficie di apertura	m <sup>2</sup>	2,26
Superficie assorbente	m <sup>2</sup>	2,24
T stagnazione	°C	193
	AREA DI APERTURA	AREA ASSORBITORE
$\eta_0$	0,81	0,82
$k_1$	W/m <sup>2</sup> K	3,02
$k_2$	W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>	0,017



##### Descrizione dei lavori

Installazione di tutte le componenti costituenti l’impianto solare: pannelli, circuito solare alla centrale termica con relativa pompa di circolazione, accumulo idoneo all’integrazione solare, centralina di controllo, vaso di espansione, valvole di sicurezza.

### Prestazioni raggiungibili

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

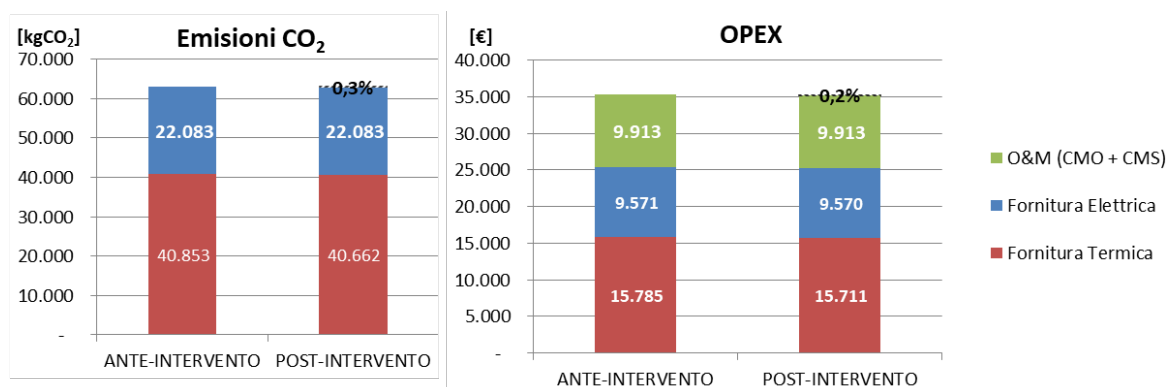
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 - installazione impianto Solare termico per produzione ACS

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Produzione annua	[kWh/anno]	0	1581,12	<b>-100,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	202.261	201.312	<b>0,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.318	47.318	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	202.244	201.295	<b>0,5%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	47.288	47.288	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	40.662	<b>0,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	22.083	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>62.745</b>	<b>0,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	15.785	15.711	<b>0,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.571	9.570	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>25.281</b>	<b>0,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.832	7.832	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.082	2.082	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>9.913</b>	<b>9.913</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>35.195</b>	<b>0,2%</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 0,202 [€/kWh] per quello elettrico

Figura 8.12 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) 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 della copertura piana

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, 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 30.511 euro.

Tabella 9.1– 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 9.2– Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria voce: 25.A44.A50.010	1070,5	mq	6,55	5,95	6.374,34	22%	7.776,70
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria voce: PR.A18.A25.039	1070,5	mq	5,67	5,15	5.517,94	22%	6.731,89
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	14987	mq cm	2,00	1,82	27.249,09	22%	33.243,89
Ponteggio: nolo, e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria voce: 95.B10.S10.010	1387,5	mq	14,03	12,75	17.696,93	22%	21.590,26
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.705,15	22%	€ 2.080,28
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.978,68	22%	€ 4.853,99
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>62.522,14</b>	<b>22%</b>	<b>76.277,00</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>30.511</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>6.102</b>

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

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dei serramenti (solo quelli con policarbonato alveolare) e l'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 22.320 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 [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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	124	mq	39,61	36,01	4.465,13	22%	5.447,46
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	124	mq	328,90	299,00	37.076,00	22%	45.232,72
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	124	mq	47,62	43,29	5.368,07	22%	6.549,05
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.407,28	22%	€ 1.716,88
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.283,64	22%	€ 4.006,05
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2a)</b>						<b>51.600,12</b>	<b>22%</b>	<b>62.952,15</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>22.320</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>4.464</b>

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	137	cad	35,42	32,20	4.411,40	22%	5.381,91
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 132,34	22%	€ 161,46
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 308,80	22%	€ 376,73
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2b)</b>						<b>4.852,54</b>	<b>22%</b>	<b>5.920,10</b>

**EEM2bis: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche**

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2bis, che consiste nella sostituzione di tutti i serramenti e l'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 99.882 euro.

Tabella 9.5– 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 9.6 – Analisi dei costi della EEM2bis

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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	579	mq	39,61	36,01	20.849,26	22%	25.436,10
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria voce: PR.A23.A30.010	579	mq	328,90	299,00	173.121,00	22%	211.207,62
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria voce: 25.A80.A30.010	579	mq	47,62	43,29	25.065,44	22%	30.579,83
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 6.571,07	22%	€ 8.016,71
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 15.332,50	22%	€ 18.705,65
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2a)</b>						<b>240.939,27</b>	<b>22%</b>	<b>293.945,91</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>99.882</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>19.976</b>

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	137	cad	35,42	32,20	4.411,40	22%	5.381,91
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 132,34	22%	€ 161,46
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 308,80	22%	€ 376,73
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2b)</b>						<b>4.852,54</b>	<b>22%</b>	<b>5.920,10</b>

### **EEM3: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche**

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione del generatore attuale con caldaia a condensazione e 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 14.858 euro.

Tabella 9.7– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kW
Valore massimo incentivo	100.000 €

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Caldaia condensazione, acciaio inox AISI316, portata 248Kw	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B15.035	1	cad	17.551,88	15.956,25	15.956,25	22%	19.466,63
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
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 PR.C10.B10.120	1	cad	392,78	357,07	357,07	22%	435,63
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 discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	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	137	cad	35,42	32,20	4.411,40	22%	5.381,91
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 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	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.030	1	cad	€ 63,62	€ 57,84	€ 57,84	22%	70,56

le flange. Per attacchi  
del diametro  
nominale di: maggiore  
di 65 mm fino a 80  
mm

Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 830,36	22%	€ 1.013,04
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.937,52	22%	€ 2.363,77
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>						<b>30.446,69</b>	<b>0,22</b>	<b>37.144,96</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>14.858</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>2.972</b>

**EEM4: installazione impianto solare termico per produzione ACS**

Nella Tabella 9.10 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un impianto solare termico per produzione di ACS.

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 3.492 euro.

Tabella 9.9– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	-
Costo massimo ammissibile	-
Valore massimo incentivo	-

Tabella 9.10 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Collettore solare piano certificato EN12975 di dimensioni esterne varie, colori standard scuro, superficie trattata superficialmente, piastra captante in rame e/o altre leghe similari, vetro solare temperato antiriflesso resistente alla grandine e agli agenti atmosferici, completo di telaio di contenimento e vasca di alloggiamento, dotato di attacchi e/o elementi fissanti, con possibilità di variazione inclinazione di posa. Compreso il trasporto e la fornitura al piano di lavoro, nonché tutte le movimentazioni varie nell'ambito di cantiere. Completo di ogni elemento di fissaggio quali bulloni, viteria, staffe, tiranti, piccole opere di complemento. Compreso il trasporto in quota e l'assistenza muraria. Esclusa la realizzazione della rete distributiva, da computarsi a parte.	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.015.0010	9,2	mq	987,17	897,43	8.256,33	22%	10.072,72
Vasi d'espansione a membrana atossica per impianti sanitari, conformi alla direttiva PED 97/23/CE, condizioni d'esercizio	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.020.0010.c	1	pz	173,05	157,32	157,32	22%	191,93

massime 99 °C e 4 bar.								
Circolatori singoli PN6 con motore a 3 velocità, alimentazione elettrica a 220 V - 1f - 50 Hz - 2 poli	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.030.0010.a	1	pz	171,07	155,52	155,52	22%	189,73
Pompe in linea singole PN16 con motore alimentato a 380 V - 3f - 50 Hz - 4 poli	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.030.0050.a	1	pz	556,85	506,23	506,23	22%	617,60
Serbatoi inerziali verticali per acqua calda, in acciaio nero con verniciatura esterna antiruggine, condizioni d'esercizio massime 6 bar e 99 °C, completi di coibentazione in poliuretano espanso da 100 mm con guscio in PVC termoformato.	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.04.040.0010.a	1	pz	664,22	603,84	603,84	22%	736,68
Sicurezza	-	3%	%		€ 290,38		22%	€ 354,26
Progettazione	-	7%	%		€ 677,55		22%	€ 826,61
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>					<b>10.647,15</b>		<b>22%</b>	<b>12.989,53</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>3.492</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>2 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>1.746</b>



**EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza**

Nella Tabella 9.12 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell’installazione di sorgenti ad alta efficienza.

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 37.944 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 EEM5

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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	296	cad	260,87	237,15	70.197,75	22%	85.641,25
Lampade a led corpo ceramico, temperatura di colore 2700° K - potenza 6 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0180.b	43	cad	14,85	13,50	580,50	22%	708,21
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 2.123,35	22%	€ 2.590,48
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 4.954,48	22%	€ 6.044,46
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM5)</b>						<b>77.856,07</b>	<b>22%</b>	<b>94.984,41</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>37.944</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>7.589</b>

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

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### EEM1: isolamento dall'esterno della copertura piana

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

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1 - isolamento dall'esterno della copertura piana

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	76.277
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	6.102
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	21,4	12,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	19,0
Valore attuale netto	VAN	- 13.499	13.667
Tasso interno di rendimento	TIR	2,3%	6,1%
Indice di profitto	IP	-0,18	0,18

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

Figura 9.1 – EEM1: Flussi di cassa con e senza incentivi

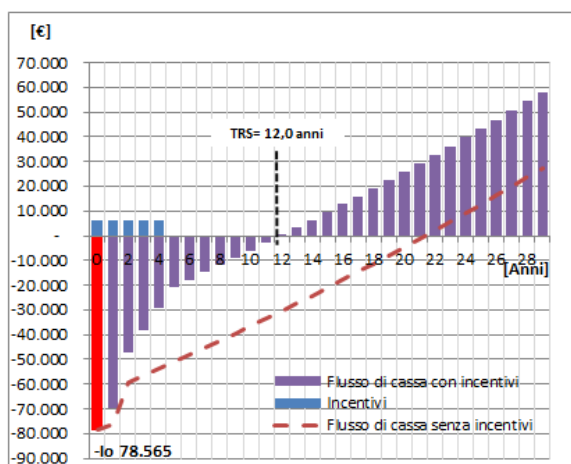
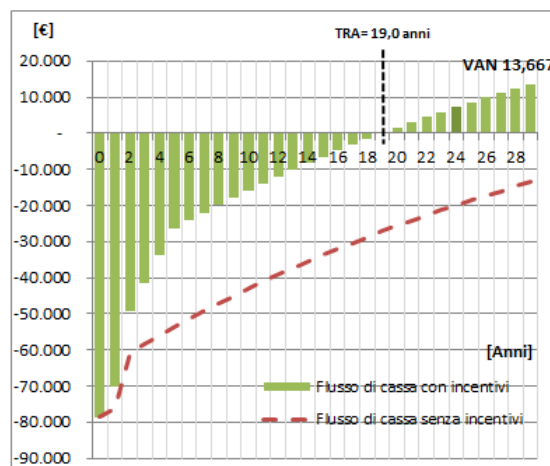


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di cassa attualizzati con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM1 risulta economicamente vantaggiosa considerando soprattutto la possibilità di incentivi. Quindi la coibentazione con cappotto esterno della copertura piana dell'edificio oggetto di DE è da ritenere un intervento prioritario per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

## EEM2: sostituzione dei serramenti (con policarbonato alveolare) e installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.14 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 - sostituzione dei serramenti (con policarbonato alveolare) e installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	62.952
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4.464
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	20,0	12,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>30	19,6
Valore attuale netto	VAN	- 7.791	12.082
Tasso interno di rendimento	TIR	2,8%	6,2%
Indice di profitto	IP	-0,12	0,19

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

Figura 9.3 – EEM2: Flusso di cassa con e senza incentivi

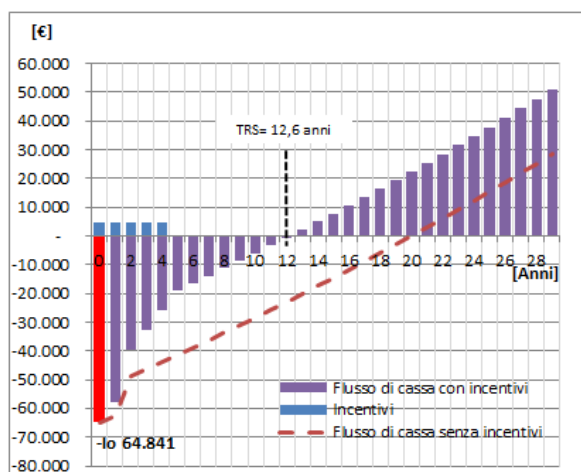
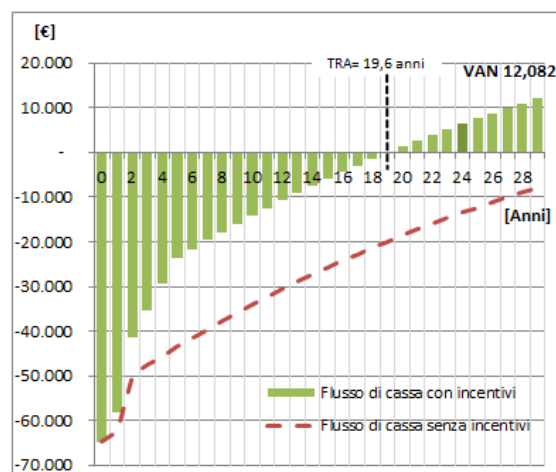


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM2 risulta economicamente vantaggiosa considerando soprattutto la possibilità di incentivi. Quindi la sostituzione dei serramenti dell’edificio oggetto di DE è da ritenere prioritaria per il miglioramento dell’efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

### EEM2bis: sostituzione di tutti i serramenti e installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2bis - sostituzione di tutti i serramenti e installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	293.946
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	46,6	30,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	70,1	41,6
Valore attuale netto	VAN	- 173.232	- 84.196
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,2%	-0,3%
Indice di profitto	IP	-0,59	-0,29

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

Figura 9.5 – EEM2bis: Flusso di cassa con e senza incentivi

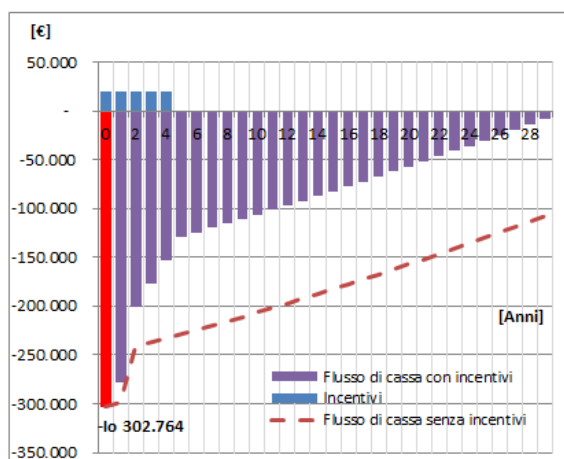
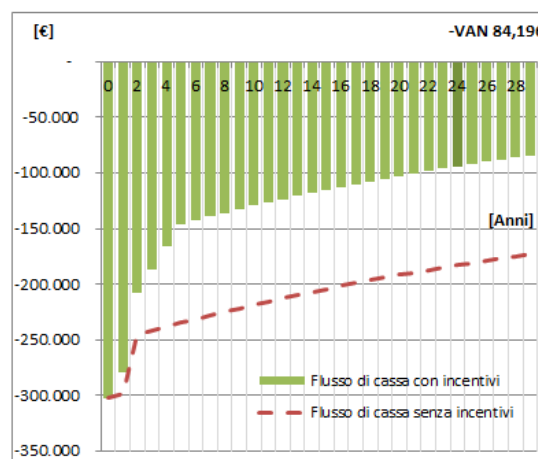


Figura 9.6 – EEM2bis: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2bis non risulta economicamente vantaggiosa.

### **EEM3: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche**

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 - sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	37.145
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	2.972
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,7	2,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,2	3,0
Valore attuale netto	VAN	65.068	78.297
Tasso interno di rendimento	TIR	25,2%	31,8%
Indice di profitto	IP	1,75	2,11

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

Figura 9.7 – EEM3: Flusso di cassa non attualizzato con e senza incentivi

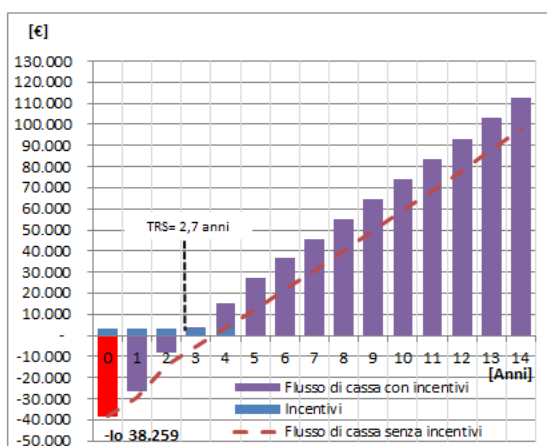
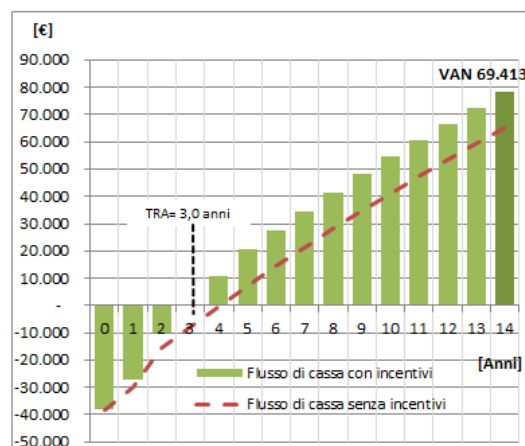


Figura 9.8 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM3 risulta economicamente vantaggiosa e prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

### EEM4: installazione di impianto solare termico per produzione ACS

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 - installazione di impianto solare termico per produzione ACS

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	12.990
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	698
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	>15	>15
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>15	>15
Valore attuale netto	VAN	- 10.517	- 7.408
Tasso interno di rendimento	TIR	-21,8%	-15,4%
Indice di profitto	IP	-0,81	-0,57

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

Figura 9.9 – EEM4: Flusso di cassa non attualizzato con e senza incentivi

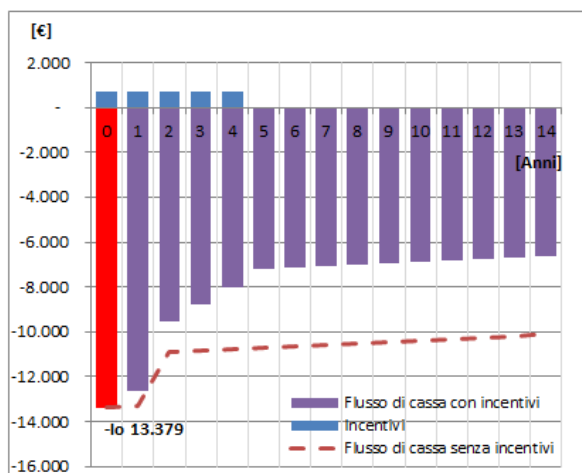
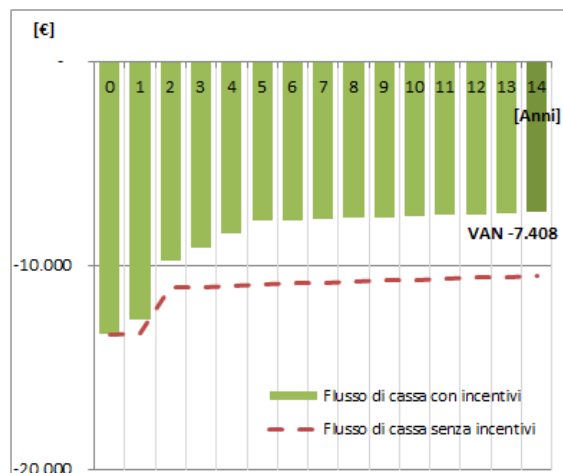


Figura 9.10 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 non risulta economicamente vantaggiosa sebbene l'installazione del solare termico porti un contributo significativo alla produzione di ACS per l'edificio oggetto di DE.



### EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

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 - installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	94.984
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	7.589
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	>8	>8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	>8	>8
Valore attuale netto	VAN	- 72.339	- 38.555
Tasso interno di rendimento	TIR	-30,4%	-11,9%
Indice di profitto	IP	-0,76	-0,41

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

Figura 9.11 – EEM5: Flusso di cassa non attualizzato con e senza incentivi

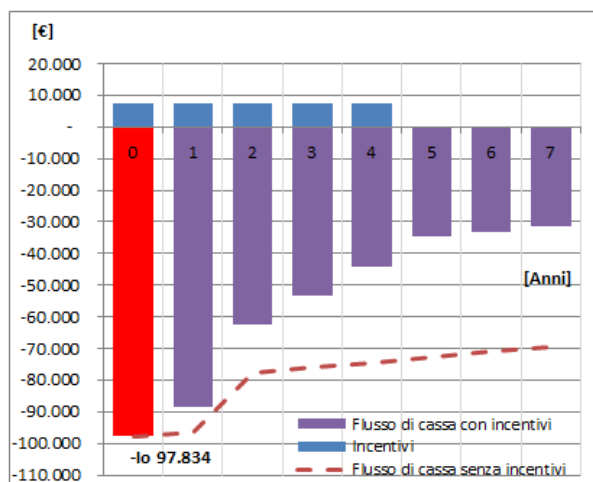
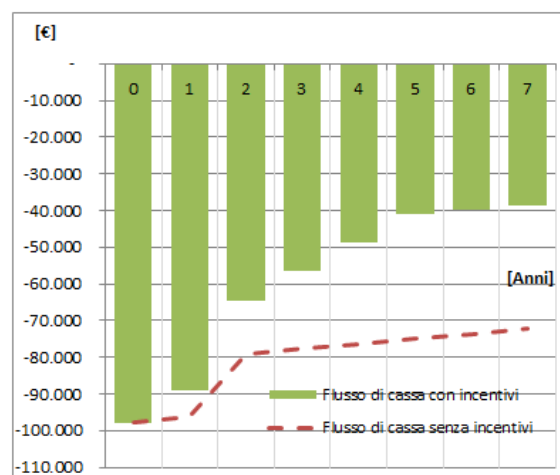


Figura 9.12 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM5 non risulta economicamente vantaggiosa seppur, considerando una vita utile maggiore (per i LED anche 20 anni), i tempi di ritorno sarebbero più che ragionevoli.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata in Tabella 9.1 e in Tabella 9.2.

Tabella 9.1 – 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	12,7%	13,3%	3.230	0	0	76.277	21,4	>30	30	<0	2,3%	-0,18
EEM 2	11,3%	11,8%	2.872	0	0	62.952	20,0	>30	30	<0	2,8%	-0,12
EEM 2bis	19,6%	20,4%	4.968	0	0	293.946	>30	>30	30	<0	-3,2%	-0,59
EEM 3	29,5%	30,8%	7.490	1.566	416	37.145	4,0	4,6	15	56.184	22,7%	1,51
EEM 4	0,3%	0,3%	74	0	0	12.990	>15	>15	15	<0	-21,8%	-0,81
EEM 5	7,4%	6,9%	1.875	0	0	94.984	>8	>8	8	<0	-30,4%	-0,76

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che gli unici interventi con un tempo di ritorno inferiore alla loro vita utile e con il risparmio energetico maggiore risultano essere EEM1 e EEM3. In particolare l'unico intervento a produrre un VAN positivo sarebbe EEM3.

Tabella 9.2 – 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	12,7%	13,3%	3.230	0	0	76.277	12,0	19,0	30	13.667	6,1%	0,18
EEM 2	11,3%	11,8%	2.872	0	0	62.952	12,6	19,6	30	12.082	6,2%	0,19
EEM 2bis	19,6%	20,4%	4.968	0	0	293.946	>30	>30	30	<0	-0,3%	-0,29
EEM 3	29,5%	30,8%	7.490	1.566	416	37.145	2,9	3,3	15	69.413	29,3%	1,87
EEM 4	0,3%	0,3%	74	0	0	12.990	>15	>15	15	<0	-15,4%	-0,57
EEM 5	7,4%	6,9%	1.875	0	0	94.984	>8	>8	8	<0	-11,9%	-0,41

Dall'analisi dei risultati, considerando gli incentivi del conto termico, emerge che i tempi di ritorno degli investimenti si abbassano sotto alla loro vita utile per quanto riguarda EEM1, EEM2 e EEM3. Tutt'e tre le misure producono anche un VAN positivo.

### 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 + EEM4]:** Tale scenario consiste nel cambio di sistema di generazione e regolazione in favore di una soluzione con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche abbinato all'installazione di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria.
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4]:** Tale scenario consiste nella coibentazione termica della copertura piana, unitamente ad un cambio di sistema di generazione e regolazione in favore di una soluzione con caldaia a condensazione, installazione di valvole termostatiche e installazione di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria. È prevista inoltre la sostituzione dei soli serramenti in policarbonato alveolare.

### 9.3.1 Scenario 1: EEM3 + EEM4

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

- EEM 3: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche
- EEM 4: installazione impianto solare termico per produzione ACS

Tabella 9.3 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

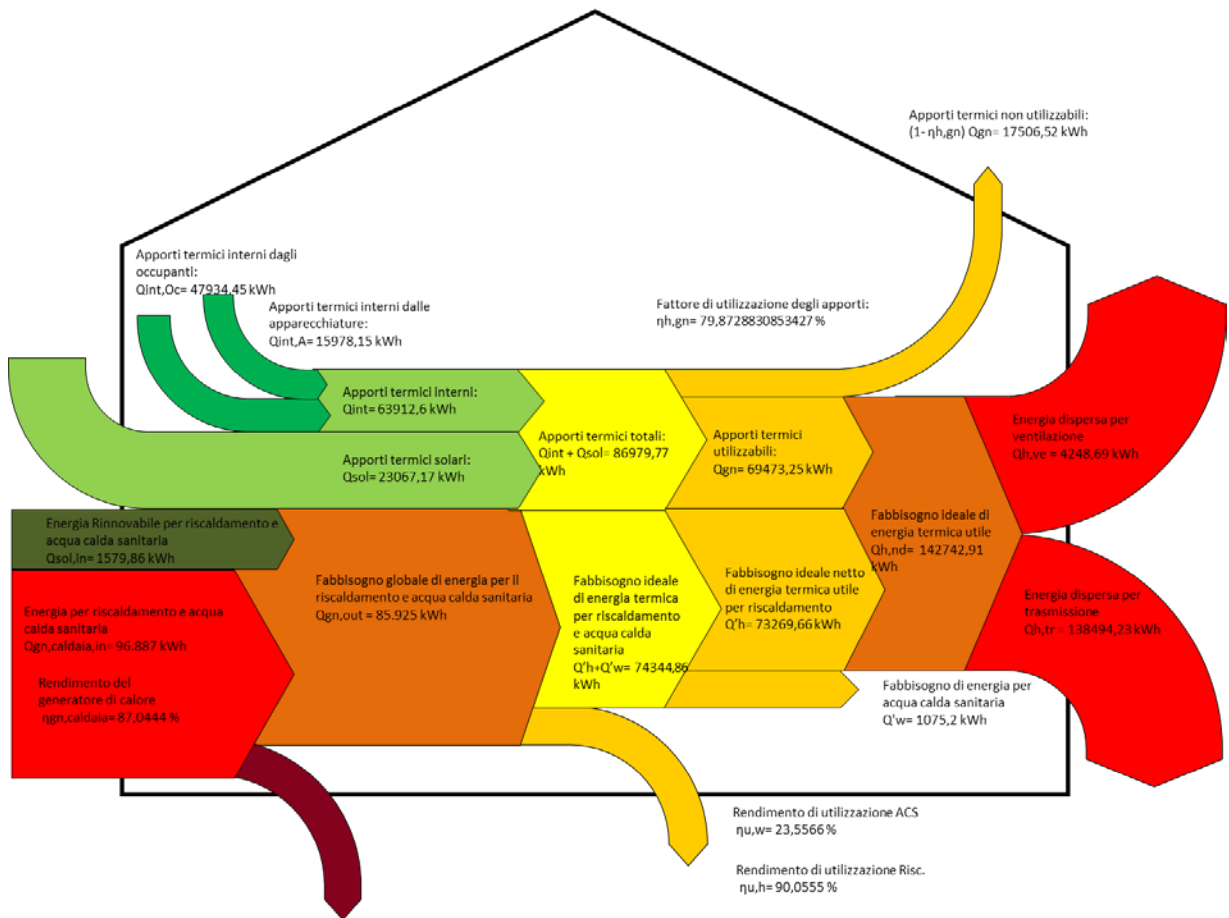
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 Fornitura & Posa	29.617	4.151	33.768
EEM4 Fornitura & Posa	9.679	2.130	11.809
Costi per la sicurezza	1.179	188	1.367
Costi per la progettazione	2.750	440	3.190
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>43.225</b>	<b>6.909</b>	<b>50.134</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>Ms</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	5.482	1.457	6.939
EEM4 O&M	-	-	-
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>5.482</b>	<b>1.457</b>	<b>6.939</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>14.597</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>2.919</b>	

Tabella 9.4– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	40%
Costo massimo ammissibile per EEM3	130 €/kWt
Costo massimo ammissibile per EEM4	-
Valore massimo incentivo EEM3	40.000 €
Valore massimo incentivo EEM4	-

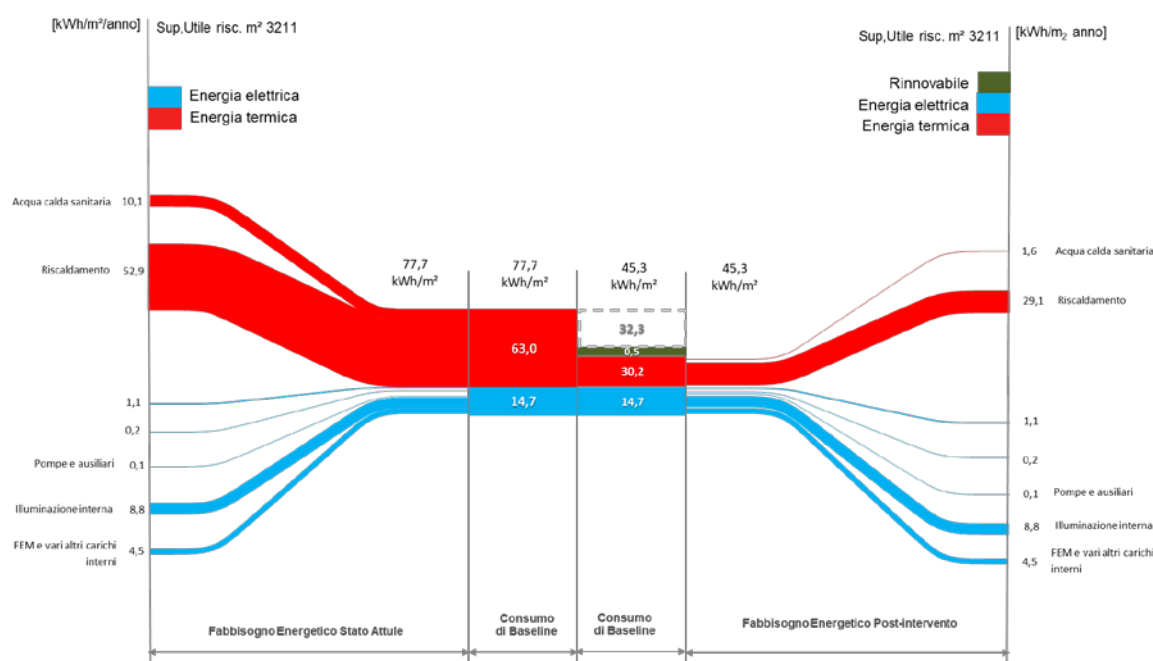
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che non è presente energia recuperata nel sottosistema di generazione (nonostante sia stata valutata la sostituzione della vecchia caldaia con una a condensazione). Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è circa 80% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e produzione di acs sono rispettivamente 23% e 90%.

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

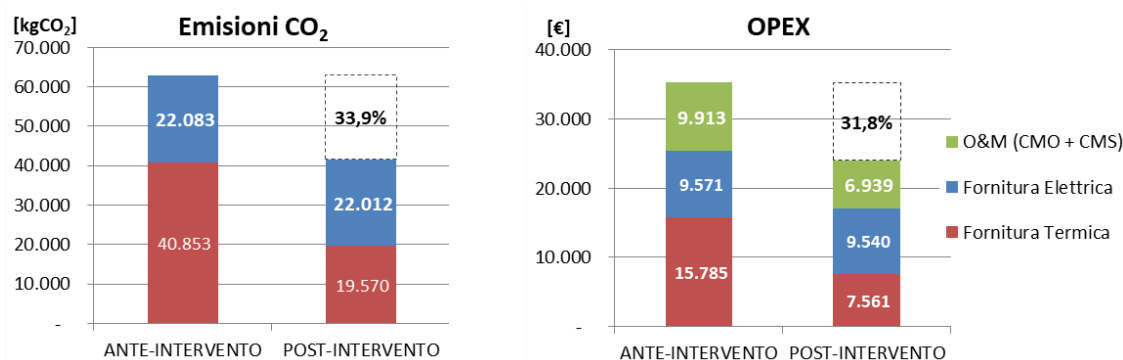


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.5 e nella Figura 9.15

Tabella 9.5 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM3 [Rendimento di generazione]	[-]	70%	87%	<b>-24,3%</b>
EM4 [Produzione annua]	[kWh/anno]	0	1.581,12	<b>-100,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	202.261	96.887	<b>52,1%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	47.318	47.165	<b>0,3%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	202.244	96.879	<b>52,1%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	47.288	47.135	<b>0,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	19.570	<b>52,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	22.012	<b>0,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>41.582</b>	<b>33,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	15.785	7.561	<b>52,1%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	9.571	9.540	<b>0,3%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>17.101</b>	<b>32,6%</b>
$C_{MO}$	[€]	7.832	5.482	<b>30,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.082	1.457	<b>30,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>9.913</b>	<b>6.939</b>	<b>30,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>24.040</b>	<b>31,8%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 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 0,202 [€/kWh]

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

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.6, Tabella 9.7 e Tabella 9.8 e nelle successive figure.

Tabella 9.6 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1–EEM1+ EEM3

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	<b>WACC</b>	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	<b>IRES</b>	24,0%
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	7
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 50.134
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 1.504
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ 51.639
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	80,0%
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	€ 41.311
Equity	$I_E$	€ 10.328
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	6,13
Rata annua debito	$q_D$	€ 6.734
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 47.141
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€ 5.830

Tabella 9.7 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1



PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 20.783
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 8.125
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 28.908
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	32,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	30,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 7.662
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.445
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 69.400
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 11.024
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	103,03%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 3.800
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 416
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 2.000
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€ 5.906
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€ 15.340
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€ 21.246
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€ 6.217
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€ 27.463
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 9.041
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 14.597
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	T.R.S.	5,49
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,10
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 36.643
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	16,55%
Indice di Profitto	IP	73,09%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	T.R.S.	2,13
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,42
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 25.154
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	54,62%
Debit Service Cover Ratio	$DCSR > 1,3$	1,365
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	2,594
Indice di Profitto Azionista	IP	50,17%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

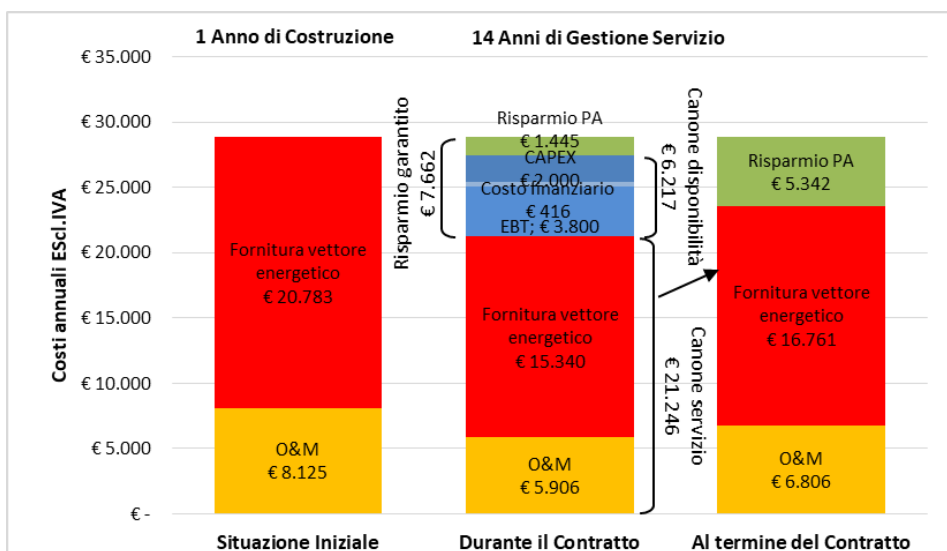


Si può quindi constatare che lo Scenario 1 risulti rientrare in un tempo di ritorno semplice inferiore ai 15 anni, anche senza considerare gli incentivi previsti dal Conto Termico. Il risparmio energetico e di emissioni di CO<sub>2</sub> risulta rispettivamente di 32,6% e 33,9%.

Come premesso nell'Executive Summary, 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. In questo caso gli indici finanziari sono buoni (DSCR > 1,3 e LLCR > 1) ma non si verifica il doppio salto di classe energetica richiesto come plus dalla committenza.

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

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4

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

- EEM 1: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli
- EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti (solo quelli con policarbonato alveolare) e installazione di valvole termostatiche
- EEM 3: sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche
- EEM 4: installazione impianto solare termico per produzione ACS

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

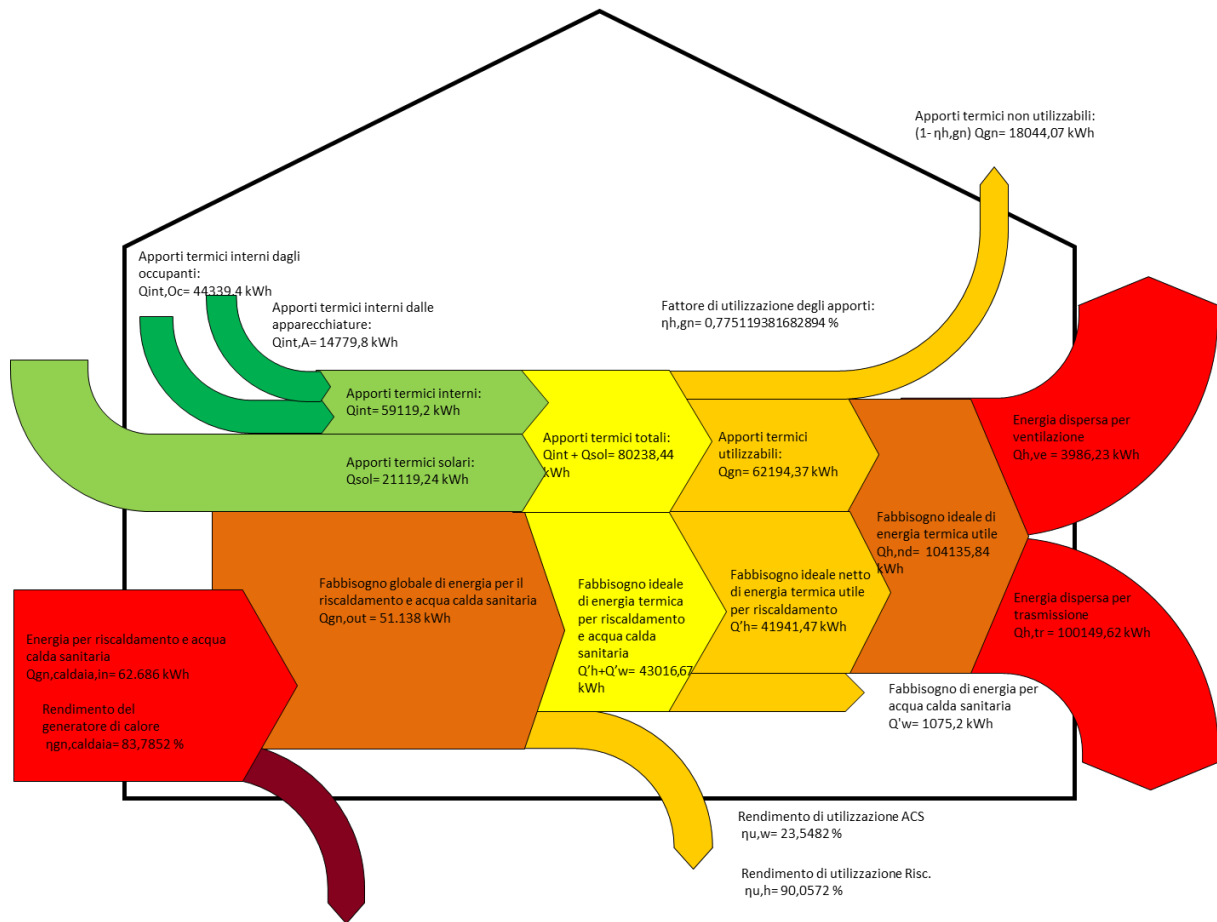
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	56.838	12.505	69.343
EEM2 Fornitura & Posa	46.909	10.320	57.229
EEM3 Fornitura & Posa	29.617	4.151	33.768
EEM4 Fornitura & Posa	9.679	2.130	11.809
Costi per la sicurezza	4.291	873	5.164
Costi per la progettazione	10.013	2.038	12.051
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>157.347</b>	<b>32.016</b>	<b>189.364</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3O&M	6.186	1.745	7.931
EEM4O&M	-	-	-
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>6.186</b>	<b>1.745</b>	<b>7.931</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>81.528</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>16.306</b>	

Tabella 9.10– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM1	200 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM2	450 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM3	130 €/kWt
Costo massimo ammissibile per EEM4	-
Valore massimo incentivo EEM1	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	100.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	40.000 €
Valore massimo incentivo EEM4	-

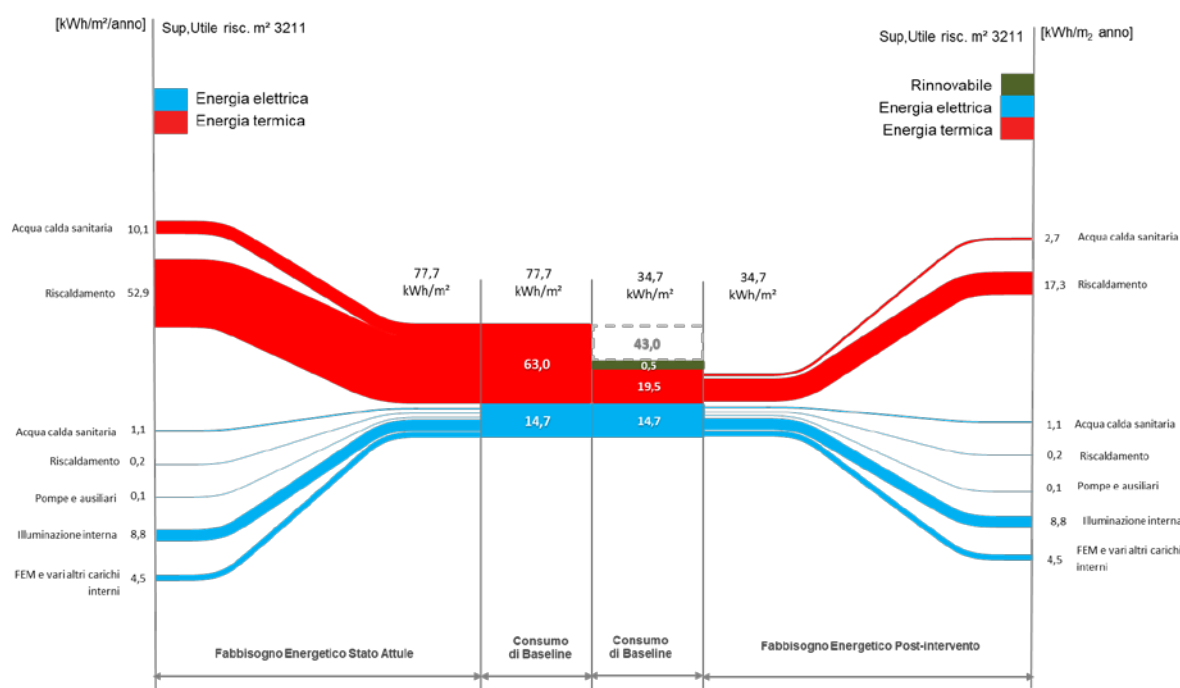
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che non è presente energia recuperata nel sottosistema di generazione (nonostante sia stata valutata la sostituzione della vecchia caldaia con una a condensazione). È presente invece energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 77% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e produzione di acs sono rispettivamente 90% e 23%.

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



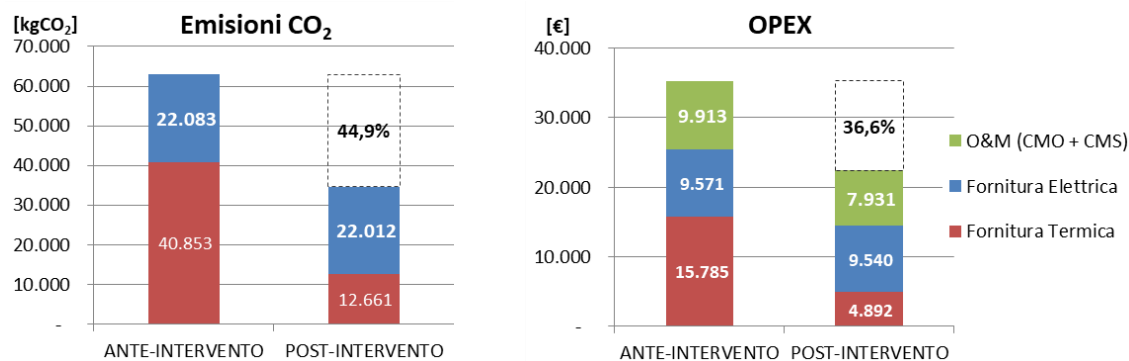
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.11 e nella Figura 9.15

Tabella 9.11 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U. M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza]	[W/m²K]	1,519	0,22	<b>85,5%</b>
EEM2 Trasmittanza	[W/m²K]	3,47	1,5	<b>56,8%</b>
EM3 [Rendimento di generazione]	[W/m²K]	70%	87%	<b>-24,3%</b>
EM4 [Produzione annua]	[kWh/anno]	0	1.579,86	<b>-100,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	202.261	62.686	<b>69,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.318	47.165	<b>0,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	202.244	62.680	<b>69,0%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	47.288	47.135	<b>0,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	40.853	12.661	<b>69,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	22.083	22.012	<b>0,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>62.937</b>	<b>34.674</b>	<b>44,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	15.785	4.892	<b>69,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.571	9.540	<b>0,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>25.355</b>	<b>14.432</b>	<b>43,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	7.832	6.265	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.082	1.665	<b>20,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>9.913</b>	<b>7.931</b>	<b>20,0%</b>
OPEX	[€]	<b>35.269</b>	<b>22.362</b>	<b>36,6%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2classi

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 0,202 [€/kWh]

Figura 9.21 - 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 9.6, Tabella 9.7 e Tabella 9.8 e nelle successive figure.

Tabella 9.12 – 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	<b>WACC</b>		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	<b>IRES</b>		24,0%
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>		3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$		27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$		10
Anni Equity	$n_E$		24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€	189.364
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€	5.681
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€	195.045
%CAPEX a Debito	<b>D</b>		80,0%
%CAPEX a Equity	<b>E</b>		20,00%
Debito	$I_D$	€	156.036
Equity	$I_E$	€	39.009
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>		8,30
Rata annua debito	$q_D$	€	18.795
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	187.954
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€	31.918

Tabella 9.13 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	20.783
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	8.125
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	28.908
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		43,1%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		30,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	9.071
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.445
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	165.307
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	15.367
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		36,77%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	2.989
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	1.330
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	3.307
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	6.057
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	13.780
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	19.837
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	7.626
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	27.463
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	34.148
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	81.528
Durata Incentivi, anni	$n_B$		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.14 – 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.		9,73
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		15,07
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€	29.333
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		6,39%
Indice di Profitto	IP		15,49%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	T.R.S.		8,96
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		14,78
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€	11.141
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$		15,00%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$		1,056
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$		1,419
Indice di Profitto Azionista	IP		5,88%

Figura 9.22 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.23 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

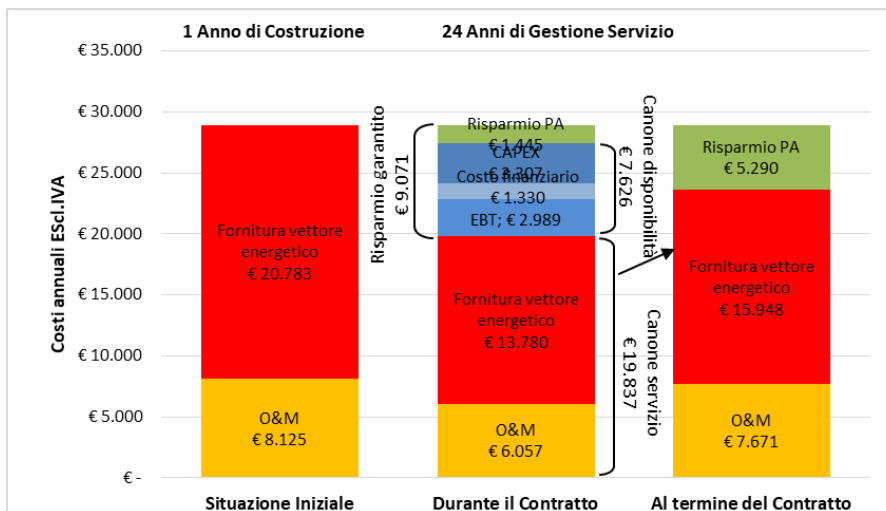


Si può quindi constatare che lo Scenario 2 risulti rientrare in un tempo di ritorno semplice inferiore ai 25 anni solo considerando gli incentivi previsti dal Conto Termico con un notevole risparmio energetico e di emissioni di CO<sub>2</sub>.

Come premesso nell’Executive Summary, 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. Lo scenario SCN2 presenta dei buoni valori per entrambi gli indici, seppur il DSCR risulta maggiore di 1 ma inferiore a 1,3. Questo scenario consente, però, anche il doppio salto di classe energetica richiesto dalla committenza.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.24.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract





## 10 CONCLUSIONI

### 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<sub>R</sub> e INSUFFICIENTE per l'indice IEN<sub>E</sub>.

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

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	11,1	9,0	8,5	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	13,5	13,2	13,2

### 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												
	%Δ <sub>E</sub> [%]	%Δ <sub>CO2</sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	32,6%	33,9%	6.766	1.926	512	50.134	2,7	8,2	14.736	31,5%	0,29	1,14	2,35
	CON INCENTIVI												
	%Δ <sub>E</sub> [%]	%Δ <sub>CO2</sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	32,6%	33,9%	6.766	1.926	512	50.134	2,1	2,4	25.154	54,62%	0,5	1,37	2,59

### 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.

Si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni degli impianti energetici; tuttavia, l'edificio otterrebbe dei giovamenti anche intervenendo sull'involucro (copertura e serramenti) nonostante questa tipologia di intervento sia poco vantaggiosa dal punto di vista economico.

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

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

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

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

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA	03/2018	ALLEGATO A_Lotto.2 – E1517_rev0
02	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO	10/1997	E01517
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 COPERTURA	10/1997	PIANC
08	TAVOLA PIANO TERRA	10/1997	PIANT
09	TAVOLA PIANO SEMINTERRATO	10/1997	PIAN1SS
10	SCHEMA CENTRALE TERMICA	06/2017	132-S01-001_CENTRALE TERMICA
11	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-132-P00
12	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-132-P01
13	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-132-P02
14	CENSIMENTO PIANO 3	06/2017	L1-042-132-P03
15	CENSIMENTO PIANO S01	06/2017	L1-042-132-S01
16	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	06/2017	L1-042-132-P00 - Checklist
17	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	06/2017	L1-042-132-P01 - Checklist
18	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	06/2017	L1-042-132-P02 - Checklist
19	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	06/2017	L1-042-132-P03 - Checklist
20	CENSIMENTO PIANO S01 -CHECKLIST	06/2017	L1-042-132-S01 - Checklist
21	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065495
22	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098218
23	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134957
24	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176145
25	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214975
26	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248944
27	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291206
28	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345541
29	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373449
30	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411327
31	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700493139
32	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081967
33	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544142
34	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140844
35	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163929
36	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175672
37	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337522
38	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234065
39	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281520
40	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386676
41	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432863
42	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483582
43	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084136
44	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150590
45	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218120
46	FATTURA DEL 26/04/2016	-	E000218121

*E1517 – Scuola Elementare Materna statale e Media “Garibaldi”*

47	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334604
48	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238237
49	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278554
50	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087945
51	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025275
52	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
53	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
54	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
55	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126639
56	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042570
57	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
58	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581

## ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ELABORATI P01	03/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – ELABORATI P02	03/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – ELABORATI P03	03/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B – ELABORATI S01	03/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoS1
06	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE	03/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
07	ALLEGATO B – DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
08	ALLEGATO B – DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1517 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-E1517_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

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

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

### RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

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

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

### STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

#### MISURE METRICHE

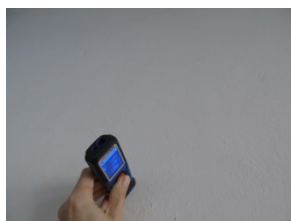
##### Distanziometro e bindella metrica

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

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

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

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



##### Spessivetro

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

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

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



#### MISURE ILLUMINOTECNICHE

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

#### ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

#### RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

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

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

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

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



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

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

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

### RILIEVI TERMOIGROMETRICI

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

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

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

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

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



### MISURE ELETTRICHE

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

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	02/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1517_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-E1517_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_CON INCENTIVI
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1517_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-E1517_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

## **ALLEGATO N – CD-ROM**