

# SCUOLA COMUNALE INFANZIA "FANTASIA"

E1344

CORSO LUIGI A. MARTINETTI 129 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **SCUOLA COMUNALE INFANZIA "FANTASIA" E1344**

**CORSO LUIGI A. MARTINETTI 129 - GENOVA**

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. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
			Ing. Elisa Bezzone		
B	23/04/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesta della PA in data 10/04/2018
			Ing. Elisa Bezzone		
C	25/05/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
			Ing. Elisa Bezzone		
D	21/06/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesta della PA in data 20/06/2018
			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> .....	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	19
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	20
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	20
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	21
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	22
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>23</b>
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	32
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>37</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>45</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	45
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	45
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	48
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	51
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52



7.4	BASELINE DEI COSTI.....	52
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>54</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	54
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	58
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria .....</i>	60
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	60
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>63</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	67
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	73
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2 + EEM3.....</i>	76
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3.....</i>	81
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>88</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	88
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	88
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	89
	<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>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1963
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> ]	305
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	998
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	1.285
Rapporto S/V	[1/m]	0,78
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	324
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	300
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	624
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore standard a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	52
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici e caldaia a produzione istantanea
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	14,16
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	45.228
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.011
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	10.756
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.710

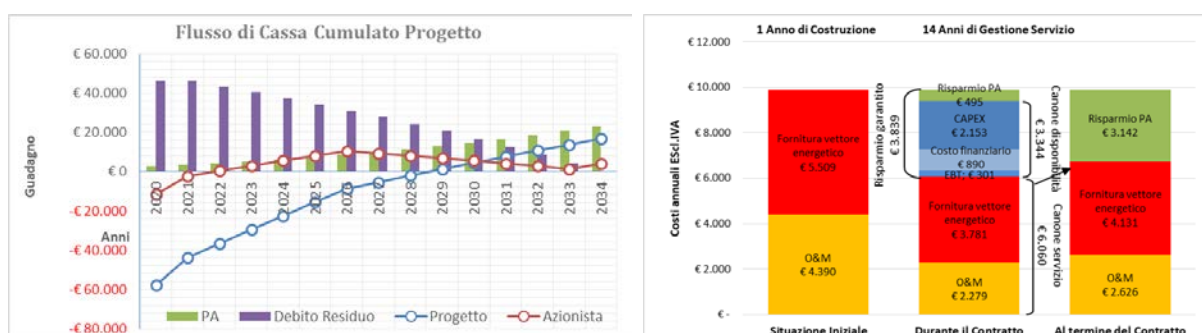
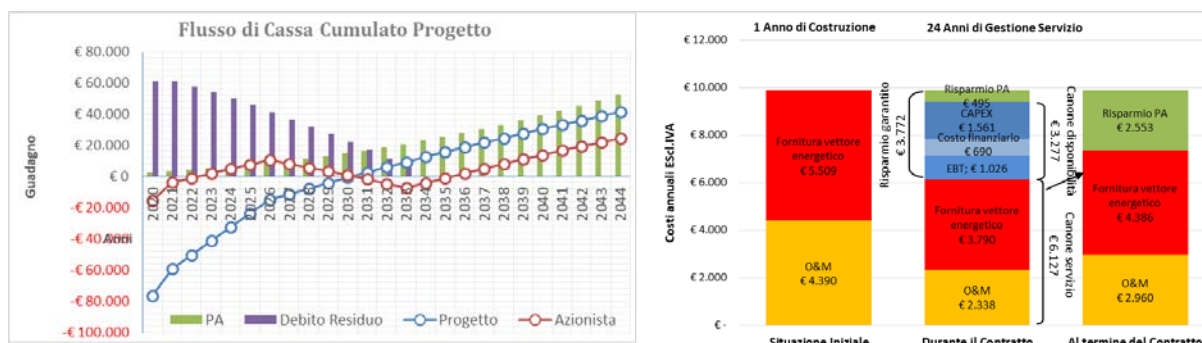
Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 2: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca
- EEM 3: sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione di valvole termostatiche
- EEM 4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- SCN 1: EEM2 + EEM3
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM3

**E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia**
**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>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	5,8%	6,3%	393	0	0	18.385	22,6	35,5	30	-2.956	1,7%	-0,16	-	-
EEM 2	27,3%	29,5%	1.835	0	0	41.148	15,4	24,9	30	2.972	4,8%	0,07	-	-
EEM 3	21,6%	23,3%	1.450	2.116	562	14.851	3,3	3,6	15	27.371	27,7%	1,84	-	-
EEM 4	6,7%	5,9%	448	0	0	6.009	8,0	9,1	8	-737	0,0%	-0,12	-	-
SCN 1	37,3%	40,3%	2.509	2.116	562	55.999	2,9	3,4	15	3.061	28,2%	0,05	1,2	0,8
SCN 2	41,0%	44,3%	2.754	2.116	562	74.384	11,3	11,6	25	4.435	18,4%	0,06	1,1	1,3

**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).

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l'isolamento a cappotto delle pareti perimetrali, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l'isolamento della copertura, l'isolamento a cappotto delle pareti perimetrali, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi. Solo lo scenario 2 ha LLCR maggiore di 1 e nessuno degli scenari ha DSCR maggiore di 1,3.



## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

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

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord



### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

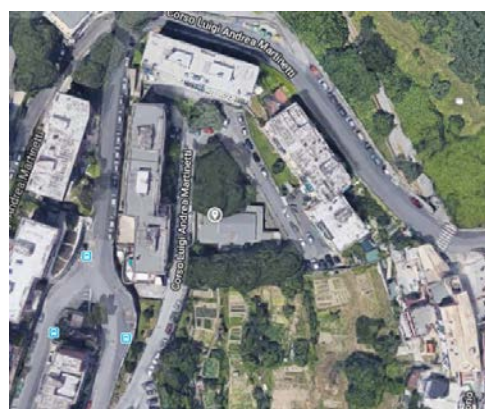
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Fabio Gianola Ing. Vittoria Citterio		Sopralluogo in sito
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Alessandro Cieli		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Vittoria Citterio		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 D, Foglio 38, Mapp. 828,483, Sub.0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

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

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		1963
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> ]	305
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	998
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	1.285
Rapporto S/V	[1/m]	0,78
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	324

**E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia**

Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	300
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	624
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore di calore standard a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	52
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	2014 : gasolio e gas metano 2015: gas metano 2016: gas metano	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici e caldaia a produzione istantanea	
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	14,16
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	45.228
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	4.011
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	10.756
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.710

Nota (1): Valori di Baseline

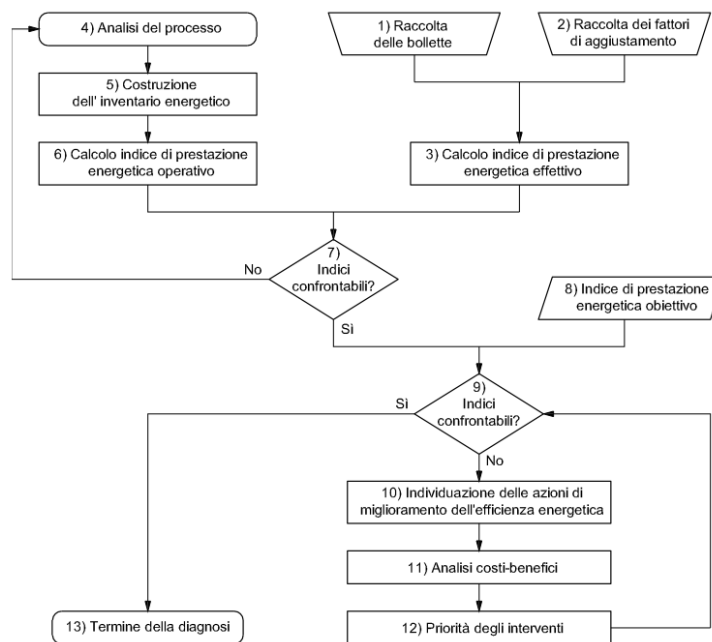
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza Allegato B – Elaborati;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 21/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato 65 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

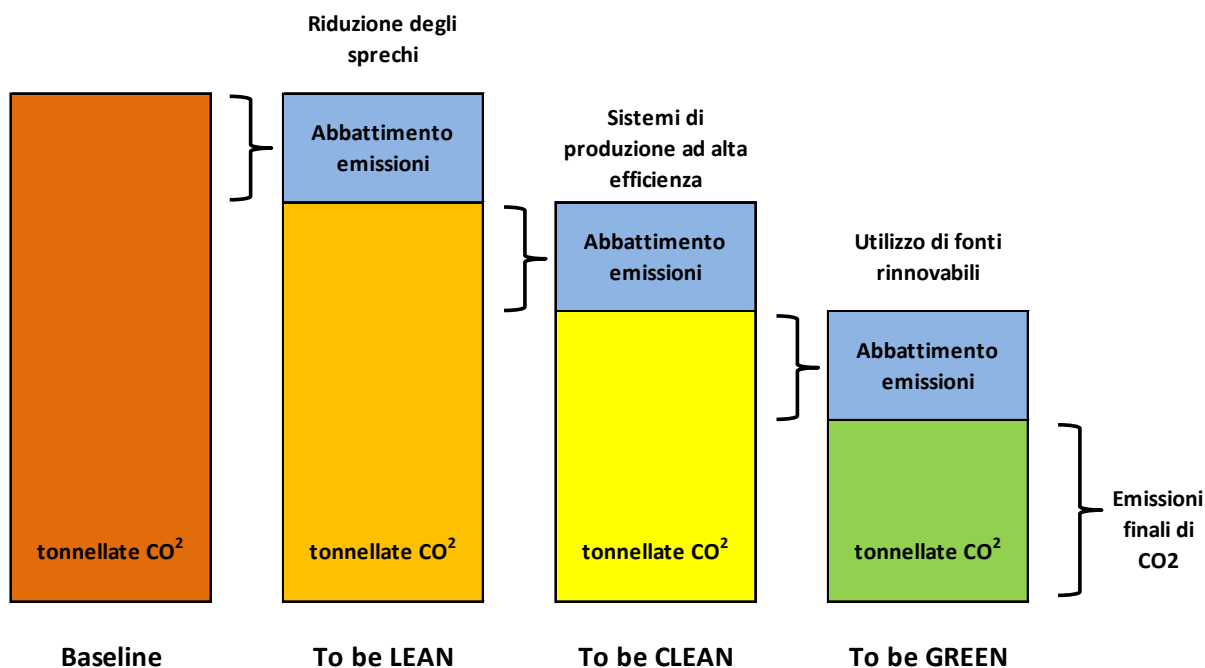
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- 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 energetica primario.

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

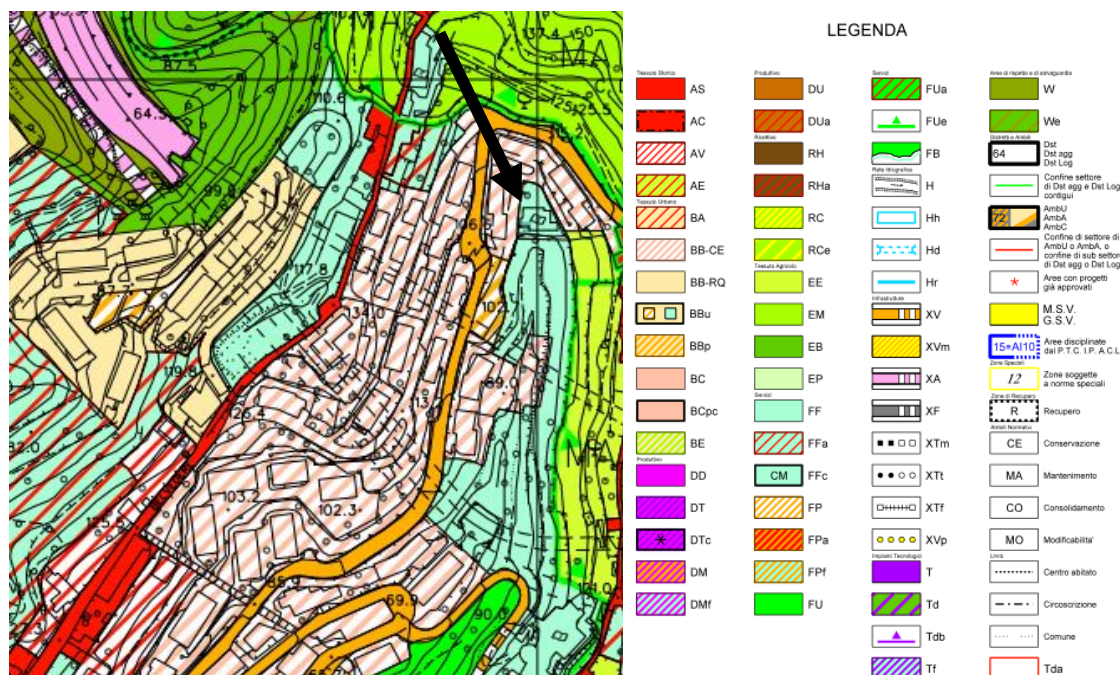
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Comunale Infanzia Fantasia risale all'incirca al 1963, è stato parzialmente ristrutturato (sostituzione infissi negli anni '90, generatore di calore nel 1997 e bruciatore nel 2014) e 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 comunque necessario apportare varianti agli strumenti urbanistici né provvedere ad espropri o a variazioni di proprietà.

L'edificio è frequentato giornalmente da circa 90 persone tra bambini e adulti. 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.

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

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

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

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

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

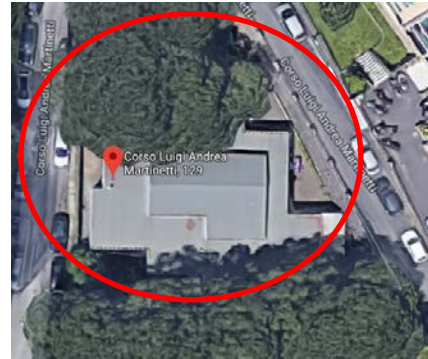


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Terra	Ingresso, aule, servizi, cucina	[m <sup>2</sup> ]	324,00	305,00	0,00
TOTALE		[m <sup>2</sup> ]	324,00	305,00	0,00

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

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

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

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

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio che ospita la scuola non risulta vincolato ma risulta appartenere ad un'area vincolata come BELLEZZE DI INSIEME che però non influisce su eventuali interventi sull'edificio.

Nell'analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, tuttavia si procede nella compilazione della tabella 2.2 per omogeneità con le altre relazioni.

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



Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

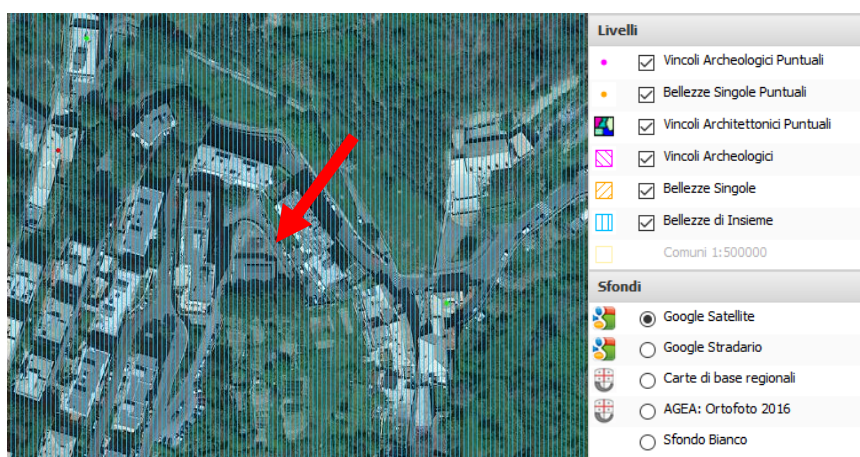


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 2: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 3: sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 4: 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 effettivo funzionamento dell'edificio intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico (7:15-17:30 da lunedì a venerdì), mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti presente durante il sopralluogo (7:00-18:00 da lunedì a venerdì).

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

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

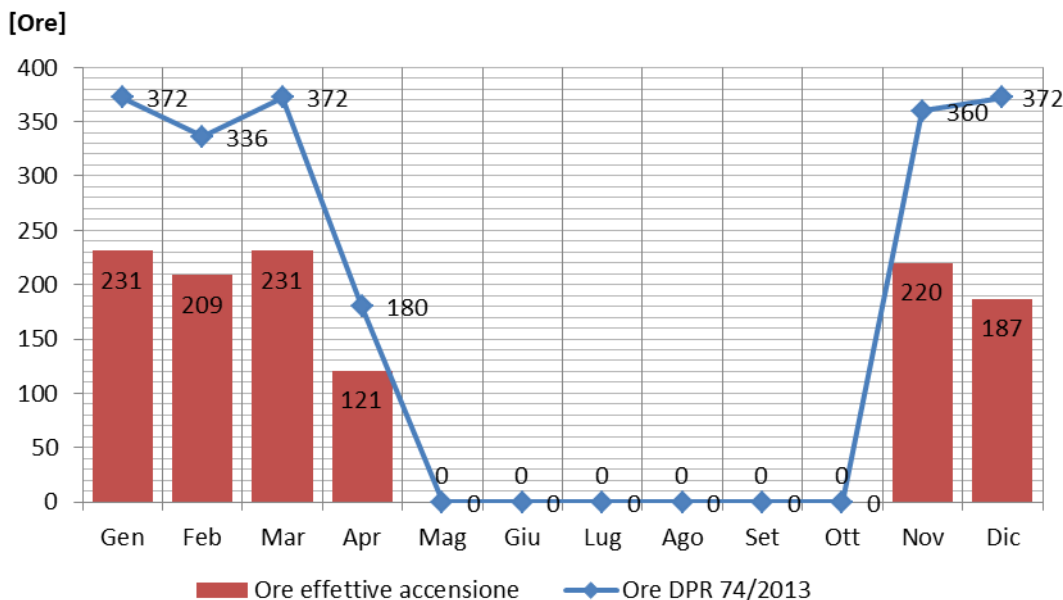
Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segna l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e

settembre completi in quanto i professori ed i maestri utilizzano l’edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell’anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	07:15-17:30	7:00-18:00

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura inoltre il riscaldamento risulta acceso, seppur per poco, anche dopo che il personale ha lasciato la struttura stessa; risulterebbe pertanto un buon intervento ridefinire i momenti di accensione e spegnimento e magari in sede di sostituzione del generatore di calore effettuare una simulazione in dinamica per studiare la migliore combinazione di regolazione temporale del riscaldamento, temperature impostate ed impianto.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi.

Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 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	-	-	-	-	-	-
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>1421</b>	<b>220</b>	<b>109</b>	<b>929</b>	<b>100%</b>

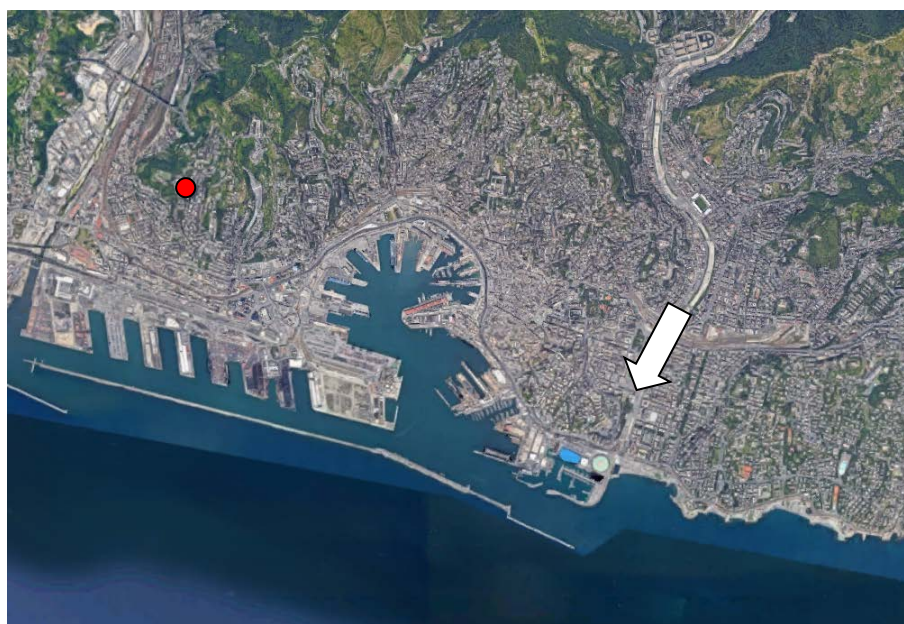
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

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

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

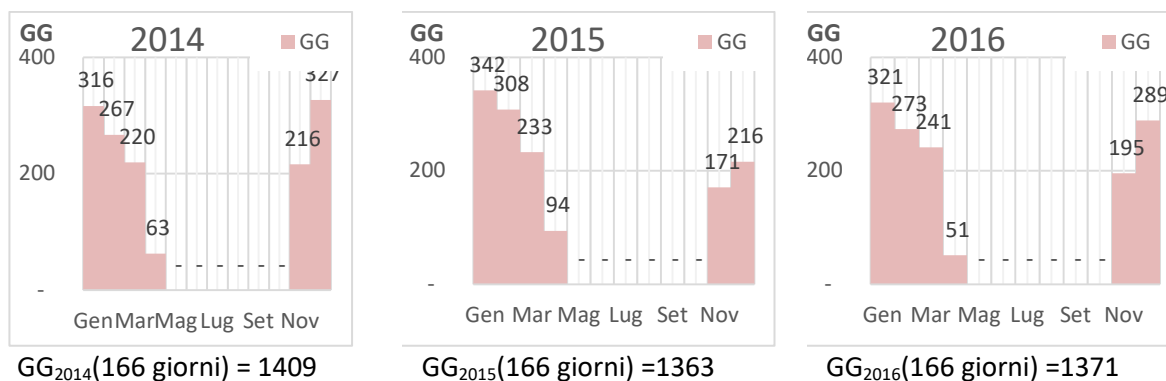
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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

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

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



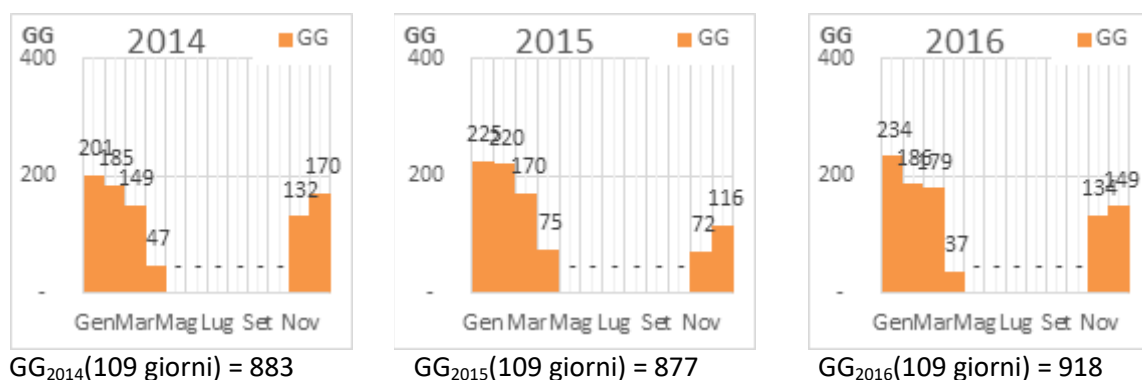
### E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

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

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito probabilmente con una struttura prefabbricata.

L'involucro opaco verticale che costituisce l'edificio è presumibilmente composto da mattone forato e lastre di cartongesso con rivestimento prevalentemente in lamiera eccetto nei sottofinestra dove è presente intonaco.

L'involucro opaco orizzontale invece si compone di una struttura in pannelli sandwich ricoperta da una guaina bituminosa.

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:

- differente comportamento termico tra due differenti tipologie edilizie presenti in facciata, con evidenza di miglior comportamento termico della muratura intonacata
- dispersioni attraverso i telai dei serramenti.

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 della parete interno cortile con esposizione sud-ovest



## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Copertura	C1	13	Presente	0,52	Sufficiente
Parete verticale	M1	10	Assente	2,22	Discreto
Parete verticale	M2	12	Assente	2,12	Discreto
Parete verticale	M3	26	Assente	1,25	Discreto
Pavimento	P1	30	Assente	0,47	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 prevalentemente da serramenti in pvc e vetro doppio sostituiti alla fine degli anni '90. I serramenti originali non sostituiti sono in metallo vetro singolo.

Lo stato di conservazione dei serramenti originali è sufficiente. I serramenti di recente sostituzione sono in buono stato di conservazione.

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 originali con vetro singolo da 4 mm, vetro doppio 4-8-6 mm.
- Dispersioni termiche dai telai all'intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti

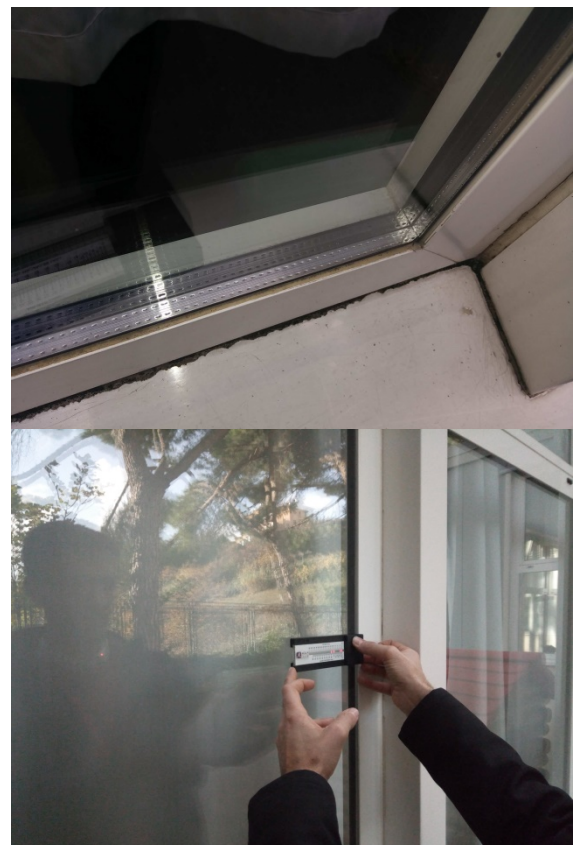


Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento vetro doppio	F1; F2; F5; F6	110x230; 110x180; 365x300; 220x50	pvc	Vetro doppio	3,1	Buono
Serramento vetro singolo	F3, F4	110x60; 110x120	metallo	Vetro singolo	5,7	Discreto

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

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

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

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione





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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio	radiatori	97%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	18	15,4	0,00
<b>TOTALE</b>		18	15,4	0,00

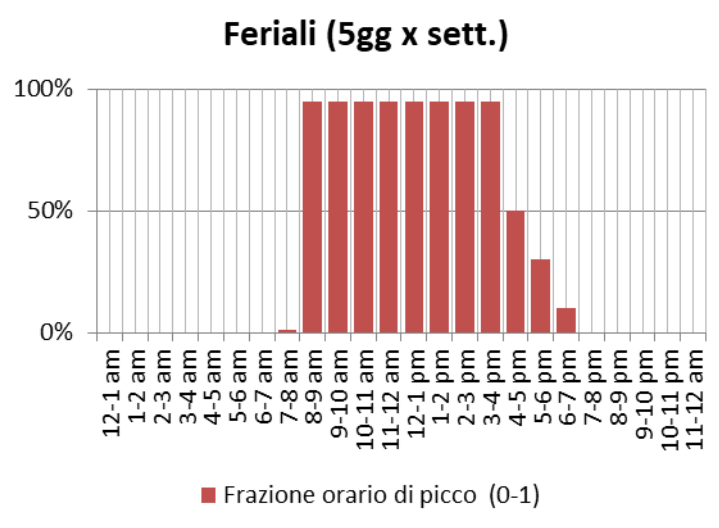
Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

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

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'edificio per tutte le zone termiche



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero Edificio	Climatica	70%

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.

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> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(3)</sup> [W]
LOWARA TLM 5G EG01	circuito 1	-	-	215

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.

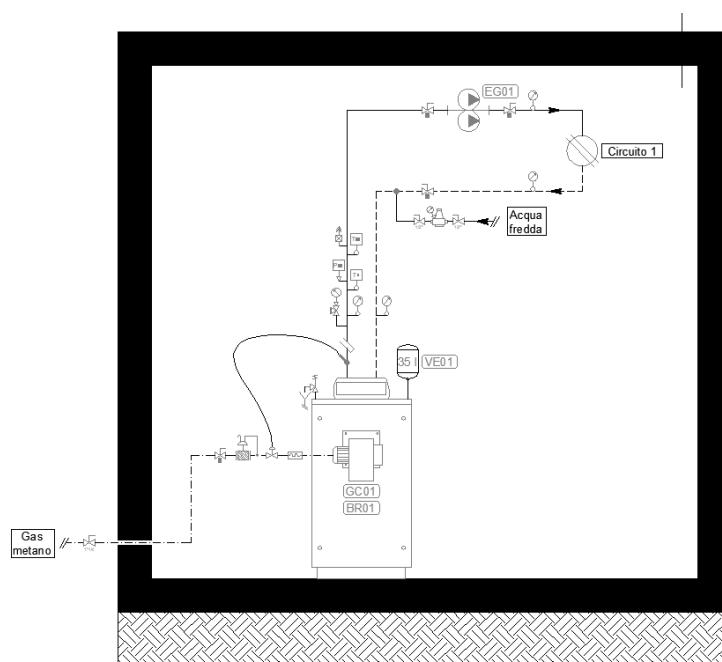
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(1)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(2)</sup> °C
Circuito 1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	60

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

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: 121-P00-019.dwg)



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

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento UNICAL REXTAL 3-47 risalente al 1997 con bruciatore BALTUR BTG 11 del 2014.

Figura 4.9 - Generatore di calore – UNICAL REXTAL 3-47



Figura 4.10 - Bruciatore BALTUR BTG 11



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	REXTAL3-47	1997	33,4-52,1	31-47	90,2 %	960

Nota (1) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 87%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 90,2%.

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

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

La produzione è eseguita tramite 2 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli utenti e tramite una caldaia a gas istantanea ad uso esclusivo della cucina.

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

Figura 4.11 – Particolare bollitore elettrico.



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>
95%	93%	-	-	75%	69%

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

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

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

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

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 ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z2	PC	4	250	1000	1600(8h x 200gg)
Z3	Frigorifero grande	1	60	60	8760(24h x 365gg)
Z3	Frigorifero piccolo	1	20	20	8760(24h x 365gg)
Z2	Notebook	3	90	270	1600(8h x 200gg)
Z1	Stampante multifunzione	1	600	600	67(0,33h x 200gg)
Z2	Stampante laser	1	300	300	67(0,33h x 200gg)
Z2	Televisore	3	250	750	67(0,33h x 200gg)
Z3	Cappa	1	250	250	67(0,33h x 200gg)
Z3	Lavastoviglie	1	3000	3000	67(0,33h x 200gg)

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.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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 2x58 W	7	0,116	0,812
Z2	fluorescente 2x58 W	14	0,116	1,624



z3	fluorescente 2x58 W	5	0,116	0,580
----	---------------------	---	-------	-------

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

Consumi energetici storici per ciascun vettore e connessione alle reti gas naturale ed elettrica. L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;
- Gasolio.

### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a Gas Metano.

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori a servizio della Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio e della caldaia murale per la produzione di acs nella cucina.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014		2015	2016	2014	2015	2016
		[l]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050662710	Riscaldamento	1.820	2.498	4.054	3.298	41.898	38.187	31.069
3270031069402	Produzione acs cucina	-	901	947	1.027	8.488	8.923	9.678

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento (per il 2014 non sono disponibili fatture) esclusivamente per il PDR 3270031069402 in quanto per il PDR 16220050662710 non è stato possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

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

PDR: 16220050662710	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Mese						
Gen	568	1.038	840	5.350	9.777	7.914
Feb	523	1.015	668	4.924	9.559	6.291
Mar	423	784	642	3.981	7.384	6.048
Apr	133	345	134	1.250	3.254	1.260
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	372	334	480	3.507	3.143	4.526
Dic	480	538	534	4.523	5.070	5.030
Totale	2.498	4.054	3.298	23.535	38.187	31.069

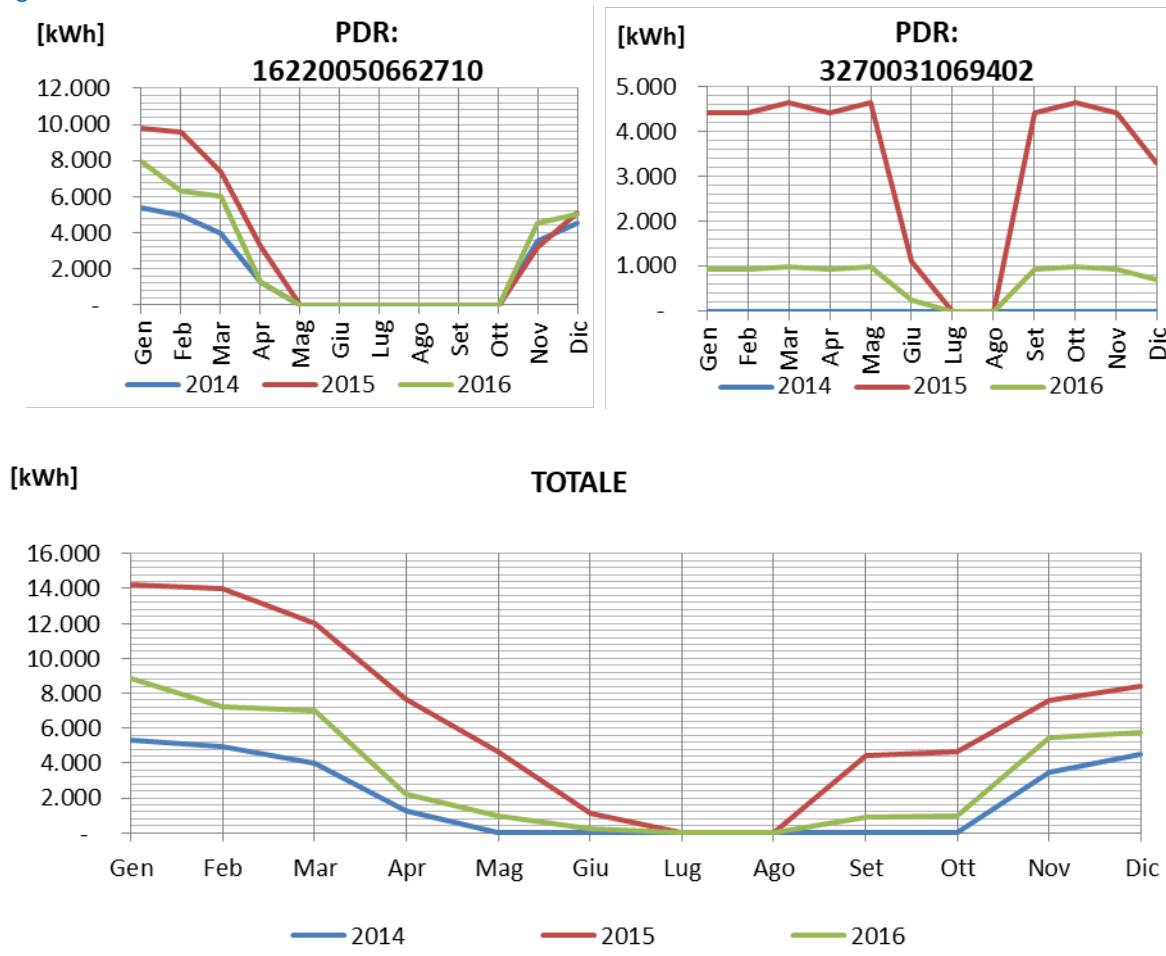
  

PDR: 3270031069402	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Mese						
Gen	-	470	100	-	4.428	938
Feb	-	470	100	-	4.428	938
Mar	-	494	105	-	4.649	985
Apr	-	470	100	-	4.428	938
Mag	-	494	105	-	4.649	985
Giu	-	118	25	-	1.107	234
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	470	100	-	4.428	938
Ott	-	494	105	-	4.649	985
Nov	-	470	100	-	4.428	938
Dic	-	353	75	-	3.321	703
Totale	-	4.301	911	-	40.515	8.582

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



Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che: i consumi fatturati dalla società di fornitura per il 2014 non sono disponibili, i consumi del 2015 (4301 mc) sono molto diversi da quelli fatturati dalla società di distribuzione (947 mc) mentre i consumi del 2016 fatturati dalla società di fornitura (911 mc) e dalla società di distribuzione (1027 mc) sono allineati.

I consumi mensili del PDR3270031069402 sono stati suddivisi considerando i giorni di utilizzo della cucina mentre quelli del 16220050662710 in funzione dei  $GG_{reali}$

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	877	929	4.054	38.189	44	40.421	8.921	0
2016	918	929	3.298	31.067	34	31.439	9.674	0
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>929</b>	<b>3.676</b>	<b>34.628</b>	<b>39</b>	<b>35.930</b>	<b>9.298</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 altalenante. Tuttavia va considerato che l'anno 2014 ha visto il passaggio della centrale termica dal gasolio al gas naturale per cui i soli anni attendibili risultano essere il 2015 ed il 2016 per cui si hanno dei consumi in crescita.

I consumi di ACS sono relativi al PDR 3270031069402.

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	9.298
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	35.930
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>45.228</b>

### 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 é effettuata sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097053	Intero edificio	11.157	10.754	10.358	10.756

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-E1344) e sono emerse le seguenti differenze:

- I consumi ricavati dalle fatture del 2014 sono uguali a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1344
- I consumi ricavati dalle fatture del 2015 sono molto simili a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1344
- I consumi ricavati dalle fatture del 2016 sono inferiori a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1344

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 11.157 kWh; anno 2015 10.987 kWh; anno 2016 11.249 kWh.

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

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 10.756 kWh.

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

POD: IT001E00097053	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	865	179	278	1.322
Feb - 14	861	172	227	1.260
Mar - 14	789	179	253	1.221
Apr - 14	637	144	214	995
Mag - 14	694	156	240	1.090
Giu - 14	552	118	201	871
Lug - 14	29	38	95	162
Ago - 14	17	36	87	140
Set - 14	636	158	232	1.026
Ott - 14	696	154	208	1.058
Nov - 14	657	137	232	1.026
Dic - 14	573	144	269	986
Totale	7.006	1.615	2.536	11.157
POD: IT001E00097053	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	699	161	267	1.127
Feb - 15	817	168	235	1.220
Mar - 15	870	160	242	1.272
Apr - 15	699	126	218	1.043
Mag - 15	681	134	223	1.038
Giu - 15	485	108	201	794
Lug - 15	30	38	99	167

*E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia*

Ago - 15	13	24	67	104
Set - 15	564	109	153	826
Ott - 15	760	151	200	1.111
Nov - 15	789	148	216	1153
Dic - 15	574	118	207	899
<b>Totale</b>	<b>6.981</b>	<b>1.445</b>	<b>2.328</b>	<b>10.754</b>
<b>POD: IT001E00097053</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	673	120	186	979
Feb - 16	789	132	165	1.086
Mar - 16	752	132	185	1.069
Apr - 16	692	139	199	1.030
Mag - 16	690	130	204	1.024
Giu - 16	632	141	230	1.003
Lug - 16	41	41	102	184
Ago - 16	29	42	112	183
Set - 16	603	121	162	886
Ott - 16	674	122	165	961
Nov - 16	734	122	176	1.032
Dic - 16	608	124	189	921
<b>Totale</b>	<b>6.917</b>	<b>1.366</b>	<b>2.075</b>	<b>10.358</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.

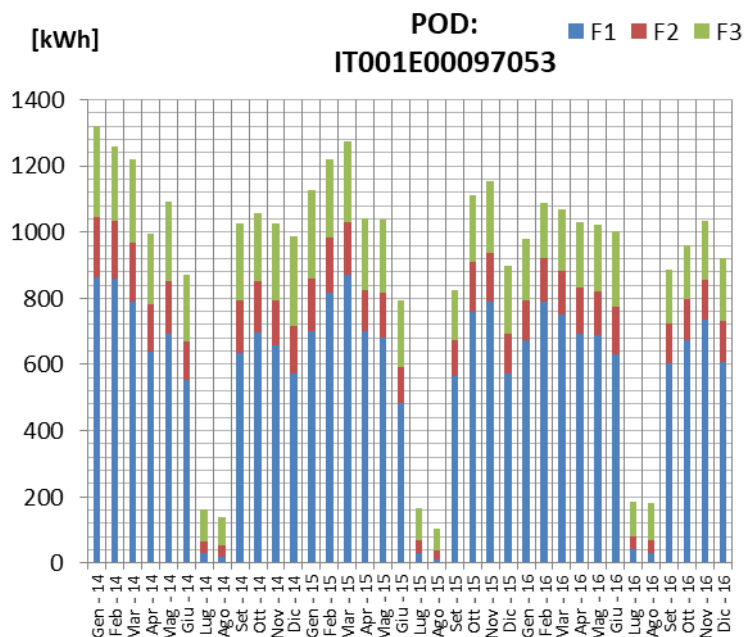
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

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	746	153	244	1.143
Febbraio	822	157	209	1.189
Marzo	804	157	227	1.187
Aprile	676	136	210	1.023
Maggio	688	140	222	1.051
Giugno	556	122	211	889
Luglio	33	39	99	171
Agosto	20	34	89	142
Settembre	601	129	182	913
Ottobre	710	142	191	1.043
Novembre	727	136	208	1.070
Dicembre	585	129	222	935
<b>Totale</b>	<b>6.968</b>	<b>1.475</b>	<b>2.313</b>	<b>10.756</b>

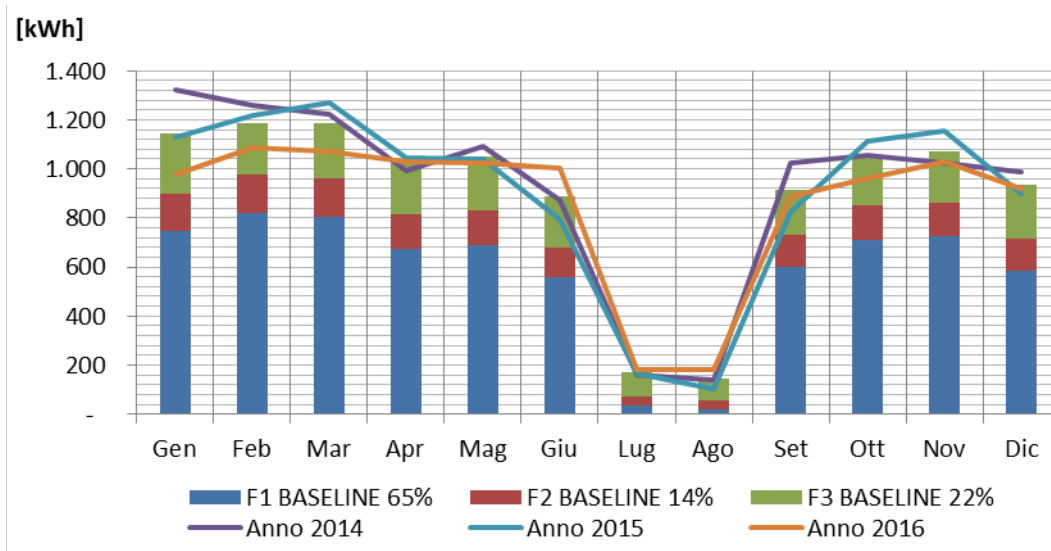
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

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 costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola.

Per l'analisi dei profili di carico 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 5,90 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.

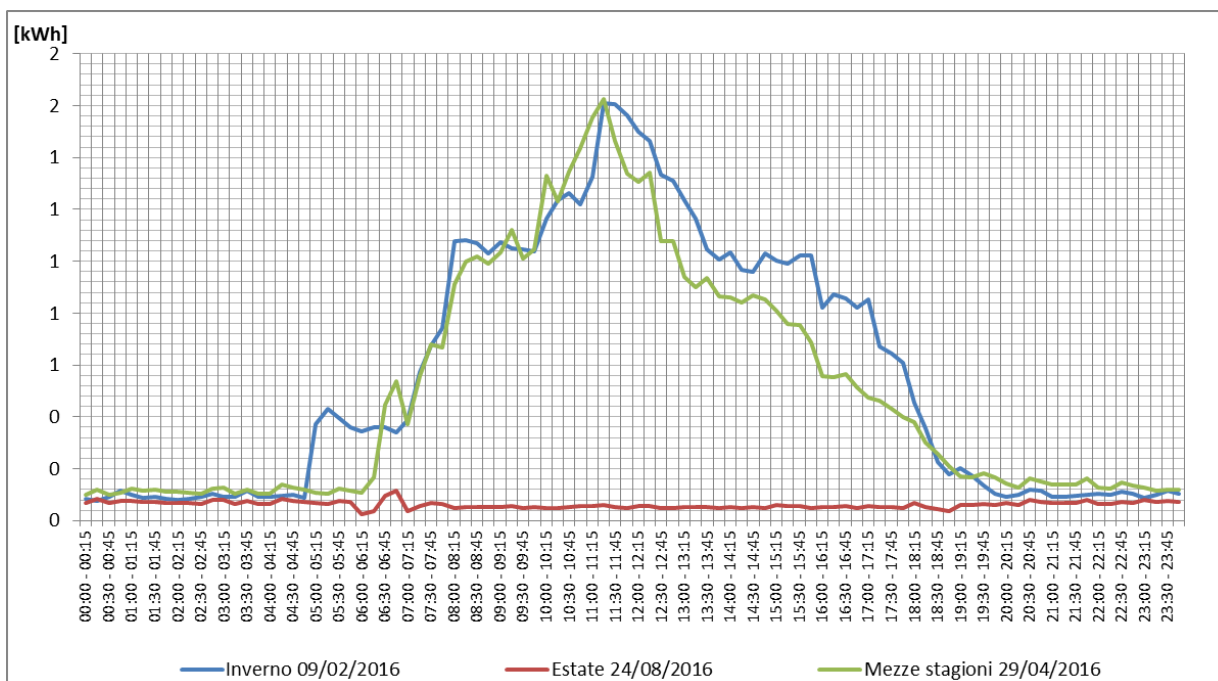
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

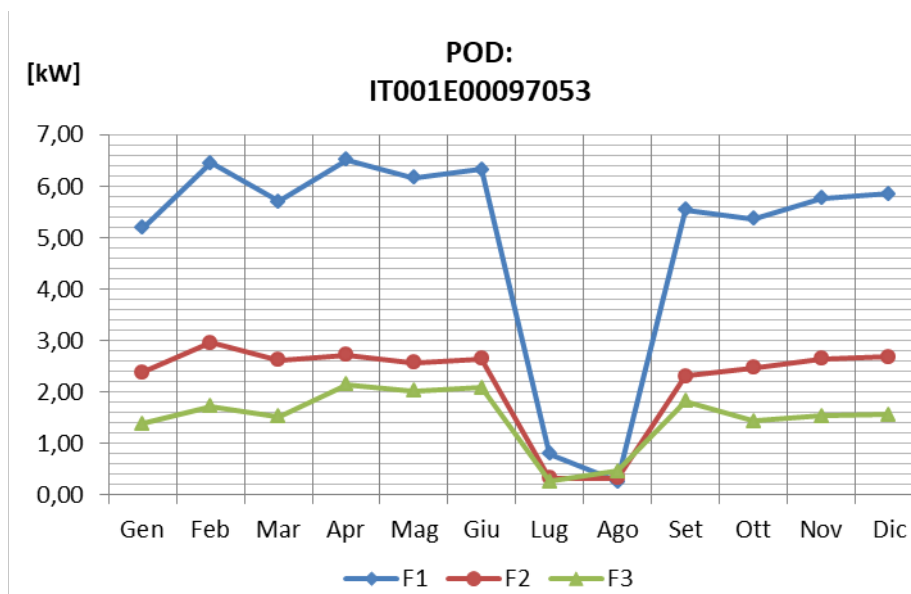
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00097053



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 7.00), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097053



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 6,51 kW e si verifica nel mese di aprile 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

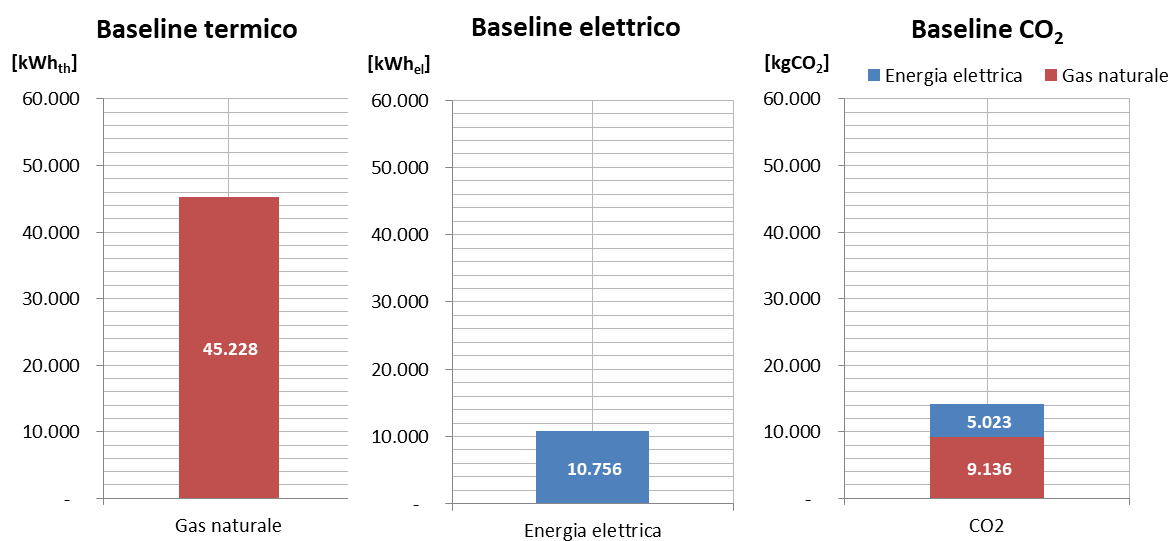
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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>. e nella Figura 5.6.

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	10.756		0,467	5,02
Gas naturale	45.228		0,202	9,13



Figura 5.6 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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

Tabella 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	$F_{P,nren}$	$F_{P,ren}$	$F_{P,tot}$
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Gasolio	1,07	0	1,07

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	305	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	318	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	1.324	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	45.228	1,05	47.489	155,7	149,3	35,9	29,95	28,73	6,90
Energia elettrica	10.756	2,42	26.030	85,3	81,9	19,7	16,47	15,80	3,79
<b>TOTALE</b>			<b>73.519</b>	<b>241</b>	<b>231</b>	<b>56</b>	<b>46</b>	<b>45</b>	<b>11</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	45.228	1,05	47.489	155,7	149,3	35,9	29,95	28,73	6,90
Energia elettrica	10.756	1,95	20.975	68,8	66,0	15,8	16,47	15,80	3,79
<b>TOTALE</b>			<b>68.464</b>	<b>224</b>	<b>215</b>	<b>52</b>	<b>46</b>	<b>45</b>	<b>11</b>

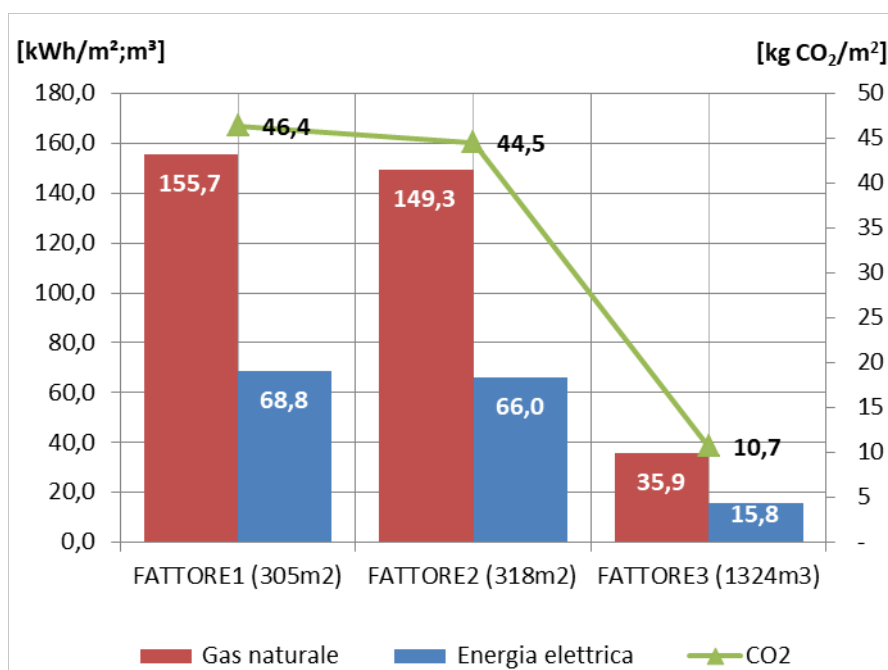
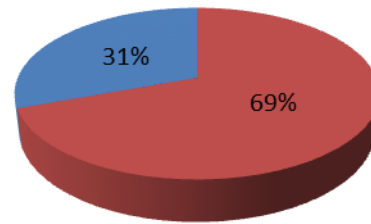
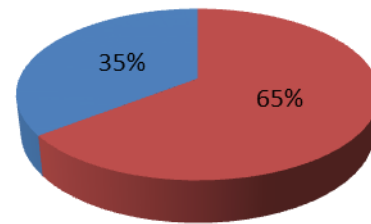
 Figura 5.7 – Indici di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata


Figura 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>



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

- Superficie lorda ai piani dell'edificio A<sub>p</sub>;
- Fattore F<sub>h</sub> 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>2</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	21,2	18,4	14,5	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	34,4	33,2	32,0

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> del 2015 e 2016 e SUFFICIENTE per l'indice IEN<sub>R</sub> del 2014 mentre l'indice IEN<sub>E</sub> risulta INSUFFICIENTE per tutti e tre gli anni.

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	495,04	476,34
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	328,01	325,39
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	86,54	86,09
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	80,49	64,86
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	111,87	111,87

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	12.140,88	120.085,44
Energia Elettrica	-	23.636,20

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogno 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 (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	254,72	236,88
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	139,55	137,75
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	34,69	34,27
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	80,49	64,86
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	kg/mq anno	64,57	64,57

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	5.018,47	47.274
Energia Elettrica	-	10.448

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]	[%]
47.274	45.228	4,3

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)

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
10.448	10.756	2,9

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

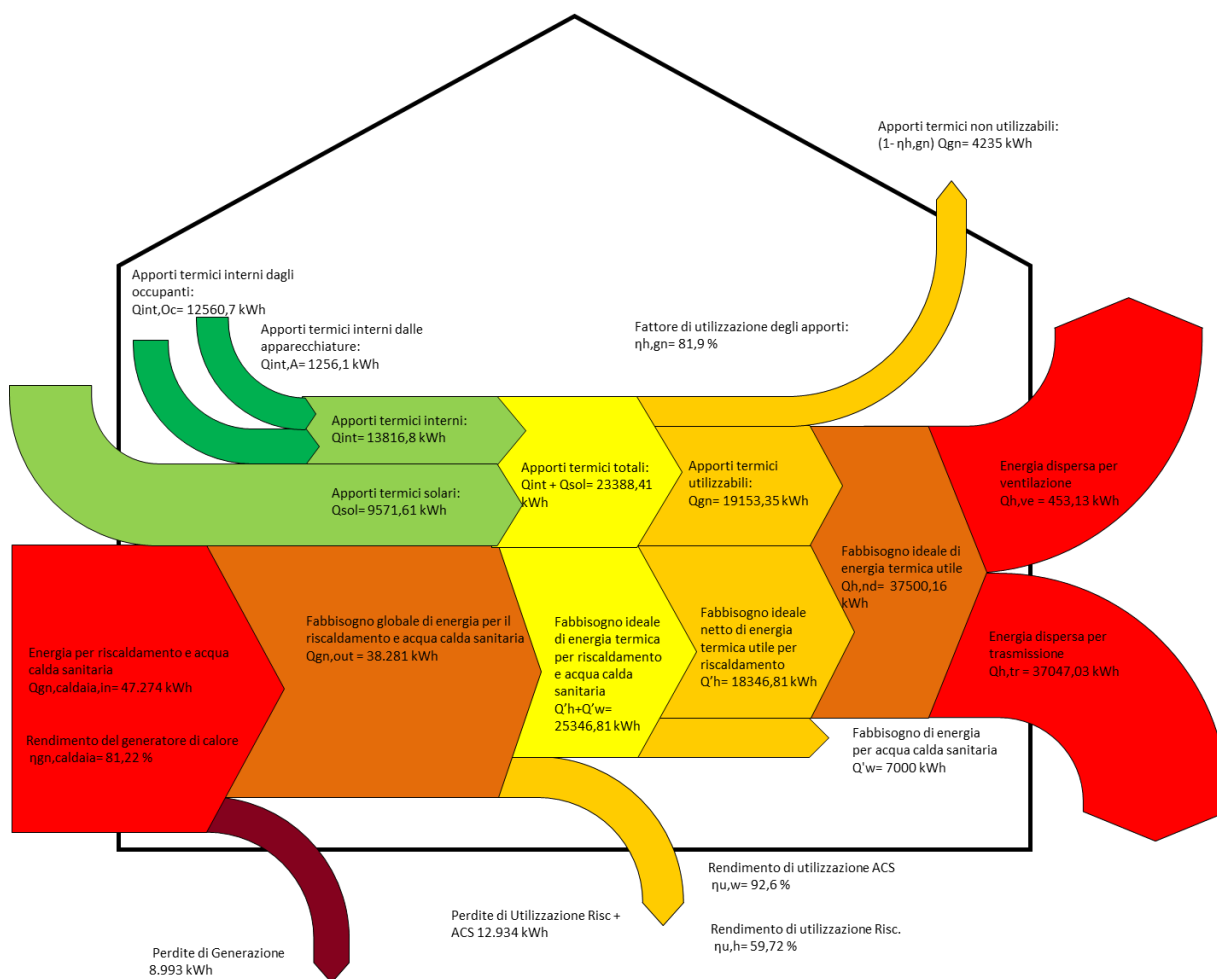
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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



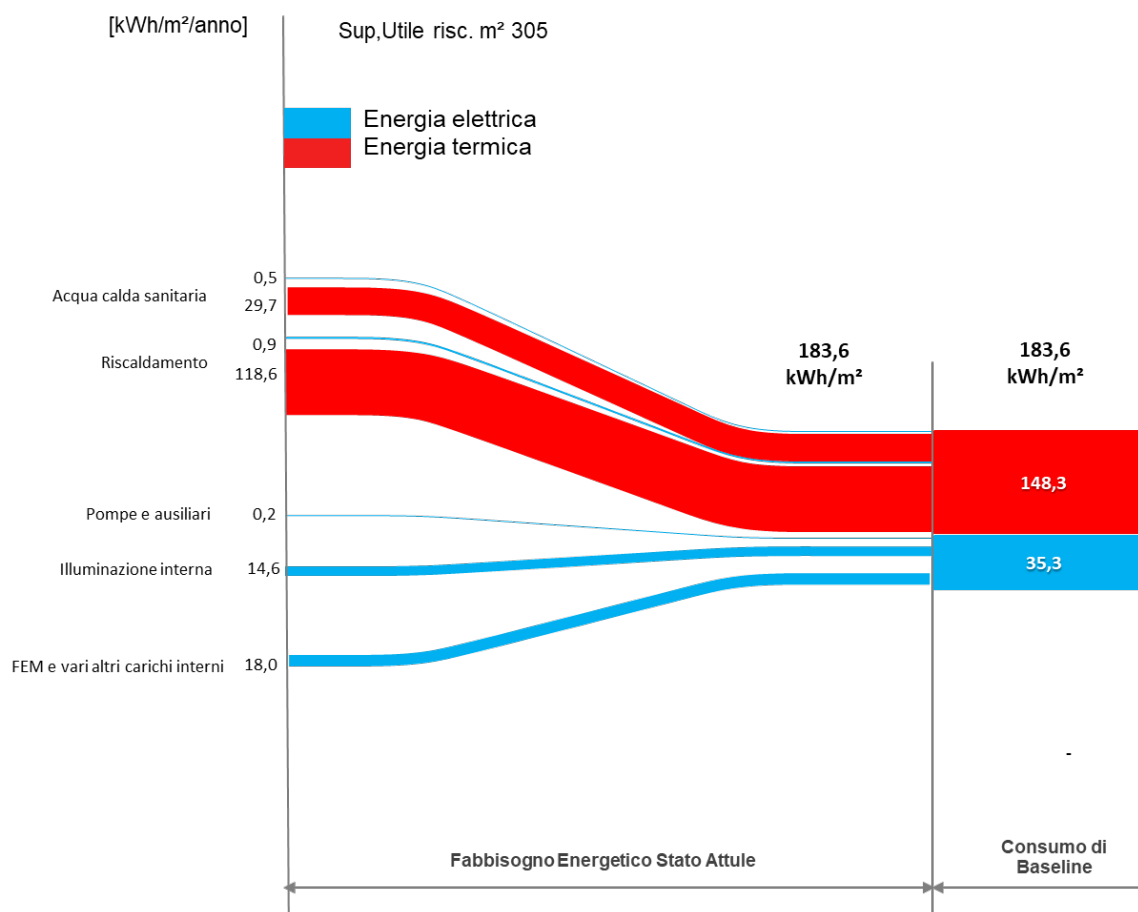
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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 91% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e produzione di acs sono rispettivamente 89% e 95%.

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.

Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il gas naturale è impiegato sia per il riscaldamento sia per la produzione di acs. Il principale utilizzo dell'energia elettrica risulta essere FEM e vari altri carichi interni seguito da illuminazione interna.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

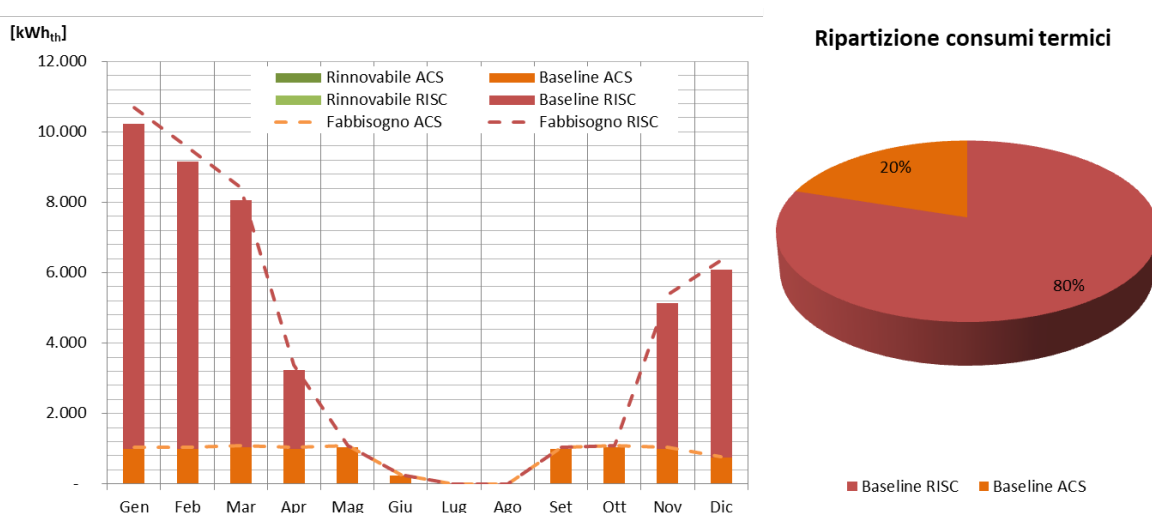
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile che si

E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

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.

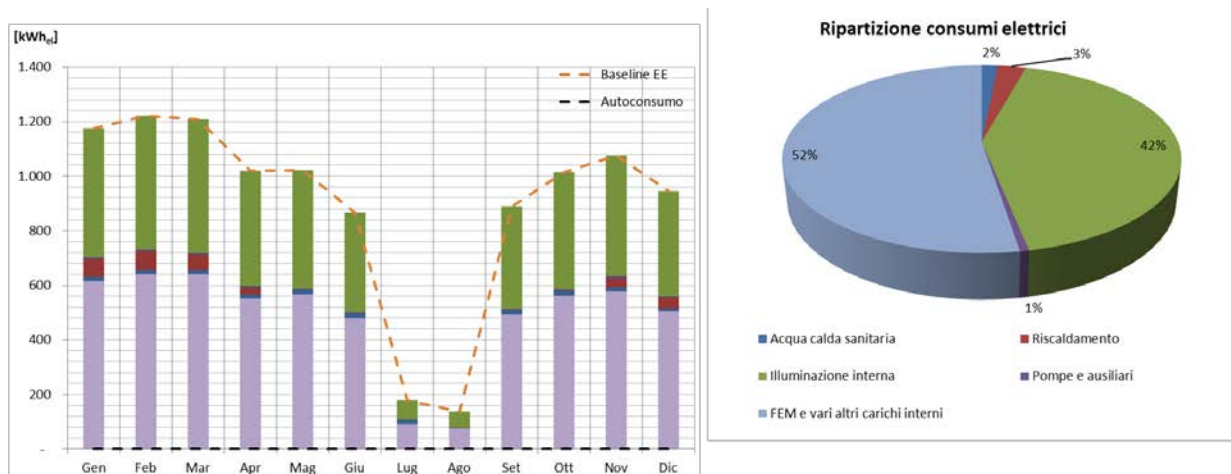
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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





### *E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia*

---

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.

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

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050662710: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 3270031069402: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento disponibili (2015-2016).

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

PDR: 3270031069402	2014	2015	2016
<b>Indirizzo di fornitura</b>			
Dati di intestazione fattura	n/d	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA - ENI S.P.A.	ENI S.P.A.- ENERGETIC S.p.A.
Inizio periodo fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA 01/01/2015- ENI S.P.A. 01/04/2015	ENI SPA 01/01/2016- ENERGETIC S.p.A. 01/04/2016
Fine periodo fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA 31/03/2015- ENI S.P.A. 31/12/2015	ENI SPA 01/01/2016- ENERGETIC S.p.A. 01/04/2016
Classe del contatore	n/d	CLASSE G0004	Classe Misuratore G 4 - Misuratore gas senza correttore
Tipologia di contratto	n/d	Prodotto Consip 7 Gas	Prodotto per la gara CONSIP 8 Indiretti
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	n/d	oP1208	Prodotto per la gara CONSIP 8 Indiretti
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	n/d	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	n/d	38, 19 MJ/MC	38, 19 MJ/MC
Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(2)</sup> (IVA INCLUSA)	n/d	0,01 €/kWh	0,03 €/kWh

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

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

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

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

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

PDR: 3270031069402	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	33	4	21	18	13	88	4.428	0,020
Feb - 15	33	4	21	18	13	88	4.428	0,020
Mar - 15	34	4	22	18	13	92	4.649	0,020
Apr - 15	33	4	21	18	13	88	4.428	0,020
Mag - 15	34	4	22	18	13	92	4.649	0,020
Giu - 15	33	4	21	18	13	88	1.107	0,079
Lug - 15	33	4	21	18	13	88	-	-
Ago - 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Set - 15	33	4	21	18	13	88	4.428	0,020
Ott - 15	34	4	22	18	13	92	4.649	0,020
Nov - 15	33	4	21	18	13	88	4.428	0,020
Dic - 15	24	3	15	13	10	66	3.321	0,020
<b>Totale</b>	<b>356</b>	<b>43</b>	<b>224</b>	<b>192</b>	<b>139</b>	<b>954</b>	<b>40.515</b>	<b>0,024</b>
PDR: 3270031069402	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]					
Gen - 16	20	3	1	15	7	46	938	0,049
Feb - 16	20	3	1	15	7	46	938	0,049
Mar - 16	21	3	1	16	7	48	985	0,049
Apr - 16	20	3	1	15	7	46	938	0,049
Mag - 16	21	3	1	16	7	48	985	0,049
Giu - 16	20	3	1	15	7	46	234	0,197
Lug - 16	20	3	1	15	7	46	-	-
Ago - 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Set - 16	20	3	1	15	7	46	938	0,049
Ott - 16	21	3	1	16	7	48	985	0,049
Nov - 16	20	3	1	15	7	46	938	0,049
Dic - 16	15	2	1	11	5	35	703	0,049
<b>Totale</b>	<b>213</b>	<b>34</b>	<b>15</b>	<b>166</b>	<b>74</b>	<b>502</b>	<b>8.582</b>	<b>0,059</b>

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.

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,090
Feb - 17	0,090
Mar - 17	0,090
Apr - 17	0,087
Mag - 17	0,087
Giu - 17	0,087
Lug - 17	0,085
Ago - 17	0,085
Set - 17	0,085
Ott - 17	0,087
Nov - 17	0,087
Dic - 17	0,087
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,089</b>

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

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

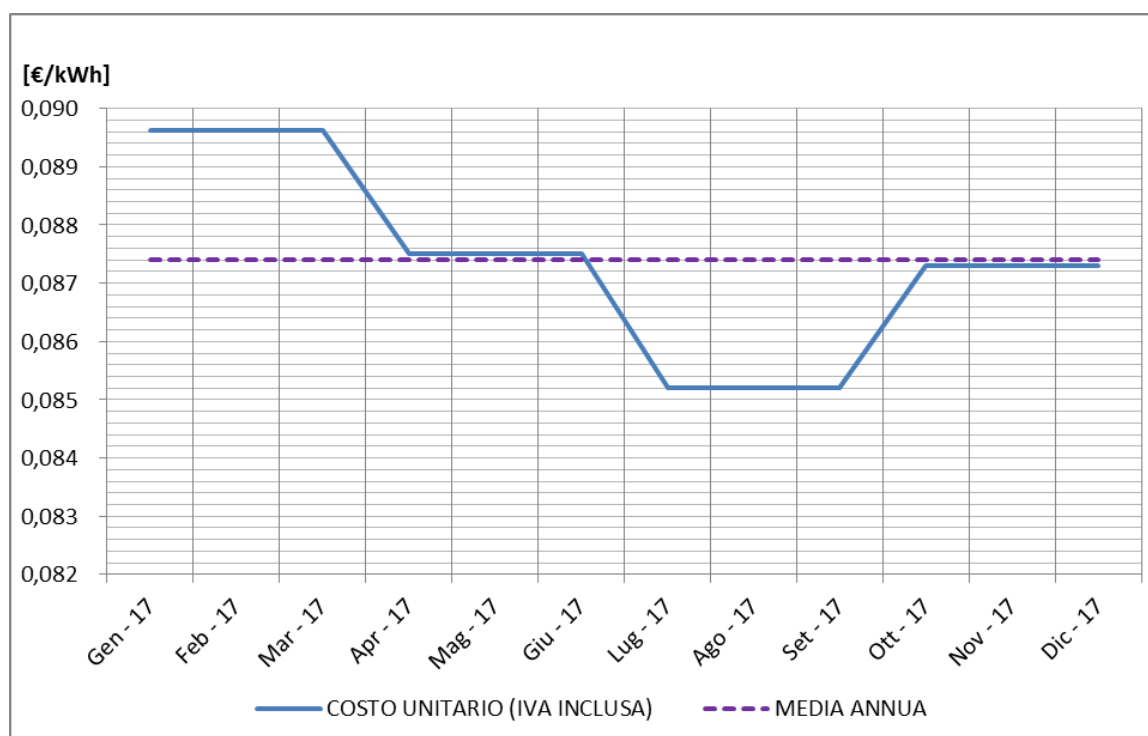
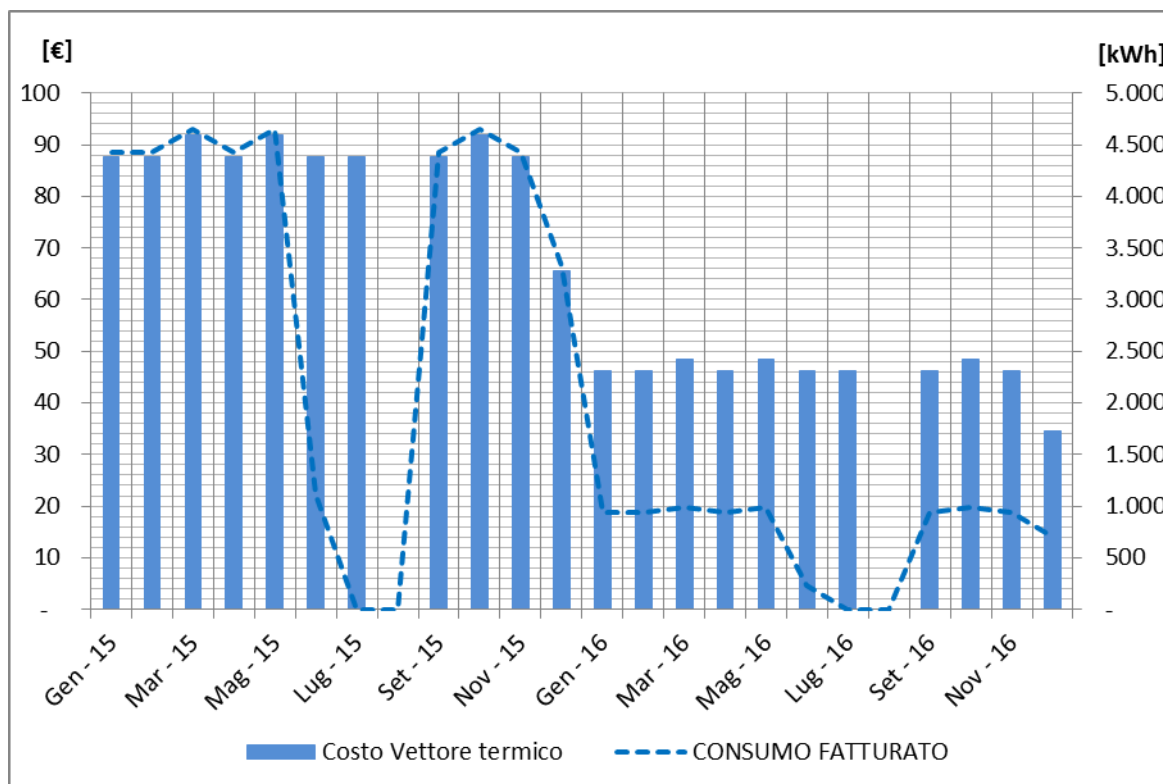


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica del PDR 3270031069402 per il biennio 2015-2016



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00097053 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.4 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.4 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097053	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	CORSO LUIGI ANDREA MARTINETTI 129 - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA VIA FRANCIA 1 16124 GENOVA	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 - PATRIMONIO DEMANIO E SPORT VIA G. GARIBALDI, 9 - 16124 GENOVA
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 - 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 - info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	11 kW	11 kW	11 kW





## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	-	A6	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup> [€/kWh]	0,08	0,05	0,07

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

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097053	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	102	16	141	17	28	303	1.322	0,229
Feb - 14	100	16	137	16	27	295	1.260	0,234
Mar - 14	94	16	134	15	26	285	1.221	0,233
Apr - 14	77	17	119	12	23	248	995	0,250
Mag - 14	83	19	126	14	24	266	1.090	0,244
Giu - 14	58	15	90	11	17	191	871	0,220
Lug - 14	11	3	54	2	7	77	162	0,476
Ago - 14	10	2	53	2	7	73	140	0,521
Set - 14	78	16	122	13	23	252	1.026	0,245
Ott - 14	80	16	127	13	24	260	1.058	0,245
Nov - 14	76	15	124	13	23	251	1.026	0,245
Dic - 14	71	14	121	12	22	241	986	0,244
<b>Totale</b>	<b>839</b>	<b>165</b>	<b>1.349</b>	<b>140</b>	<b>249</b>	<b>2.741</b>	<b>11.157</b>	<b>0,246</b>
POD: IT001E00097053	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	94	-	136	14	24	268	1.127	0,238
Feb - 15	99	-	144	15	26	283	1.220	0,232
Mar - 15	100	-	148	16	26	290	1.272	0,228
Apr - 15	38	-	98	8	14	158	1.043	0,152
Mag - 15	41	-	104	9	15	170	1.038	0,164
Giu - 15	40	-	104	9	15	168	794	0,212
Lug - 15	45	-	101	8	15	170	167	1,017
Ago - 15	7	-	102	9	12	129	104	1,242
Set - 15	-	53	-	100	8	6	826	0,073
Ott - 15	33	-	106	9	15	162	1.111	0,146

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Nov - 15	89	-	107	9	20	225	1.153	0,195
Dic - 15	136	-	167	14	32	350	899	0,389
<b>Totale</b>	<b>668</b>	<b>-</b>	<b>1.417</b>	<b>129</b>	<b>221</b>	<b>2.435</b>	<b>10.754</b>	<b>0,226</b>
POD: IT001E00097053	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	33	-	104	9	15	161	979	0,165
Feb - 16	47	-	135	14	20	216	1.086	0,199
Mar - 16	104	-	147	16	27	294	1.069	0,275
Apr - 16	54	38	89	13	20	215	1.030	0,208
Mag - 16	58	38	89	13	20	218	1.024	0,213
Giu - 16	60	38	87	13	20	218	1.003	0,217
Lug - 16	13	31	27	2	7	79	184	0,431
Ago - 16	11	31	27	2	7	78	183	0,426
Set - 16	64	37	79	11	19	209	886	0,236
Ott - 16	78	38	84	12	21	234	961	0,243
Nov - 16	90	39	90	13	23	255	1.032	0,247
Dic - 16	77	38	81	12	21	229	921	0,248
<b>Totale</b>	<b>689</b>	<b>329</b>	<b>1.039</b>	<b>129</b>	<b>219</b>	<b>2.405</b>	<b>10.358</b>	<b>0,232</b>

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

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

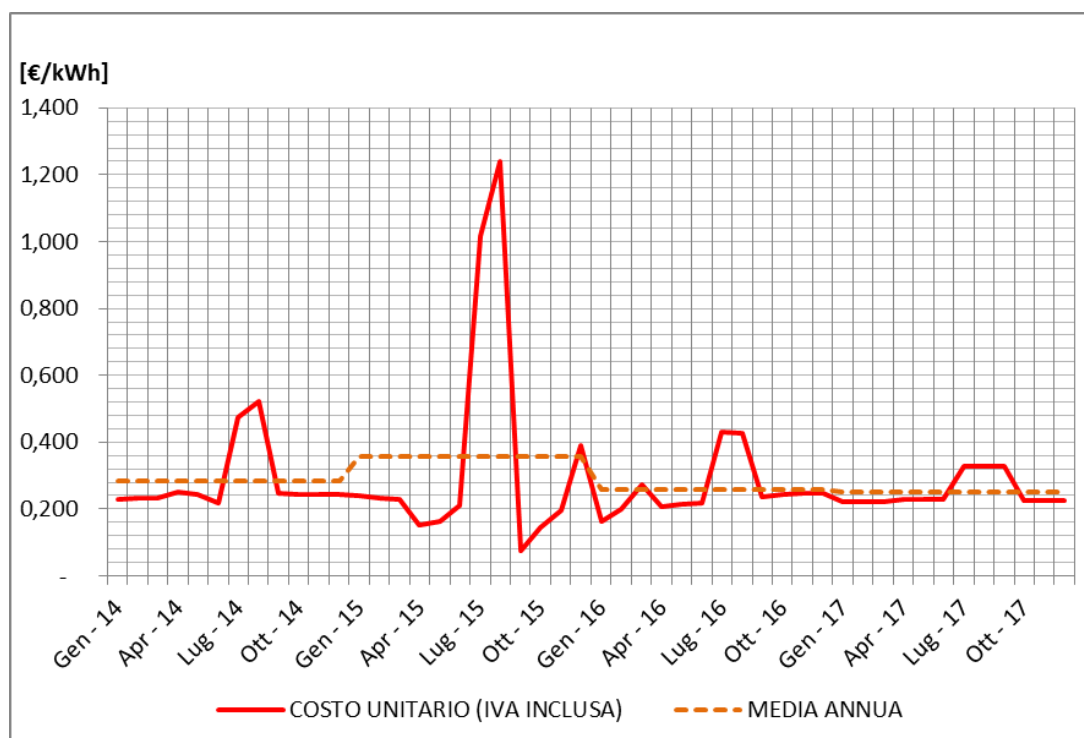
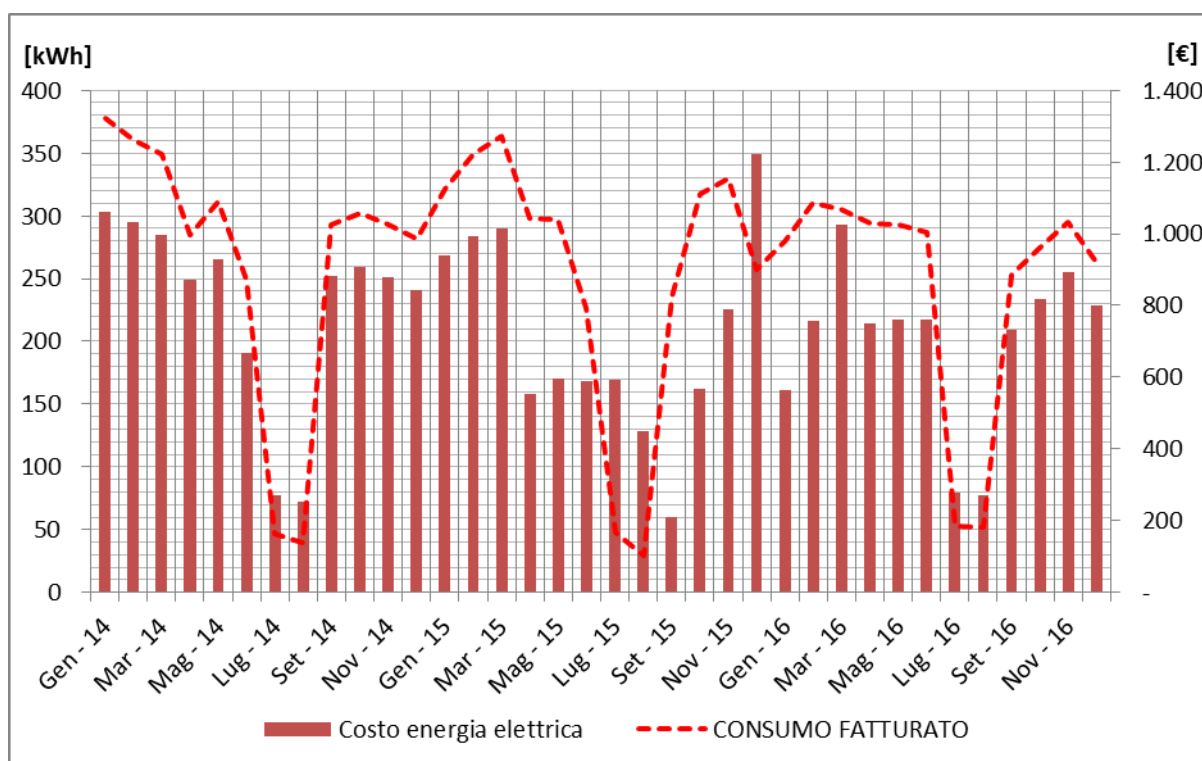


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica.

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

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

Nella Tabella 7.6 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.6 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	50.386	n.d.	n.d.	11.157	2.741	0,25
2015	47.111	n.d.	n.d.	10.754	2.435	0,23
2016	40.747	n.d.	n.d.	10.358	2.404	0,23
Media	46.081	n.d.	n.d.	10.756	2.527	0,23

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

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

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

Definizione	Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore da ARERA anno 2017	Cu <sub>Q</sub> 0,089 €/kWh
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore da ARERA anno 2017	Cu <sub>EE</sub> 0,252 €/kWh

### 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:

- L1-042-121: 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 9.367 €.

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

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$CM_o$ 4.231	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$CM_s$ 1.125	[€/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:

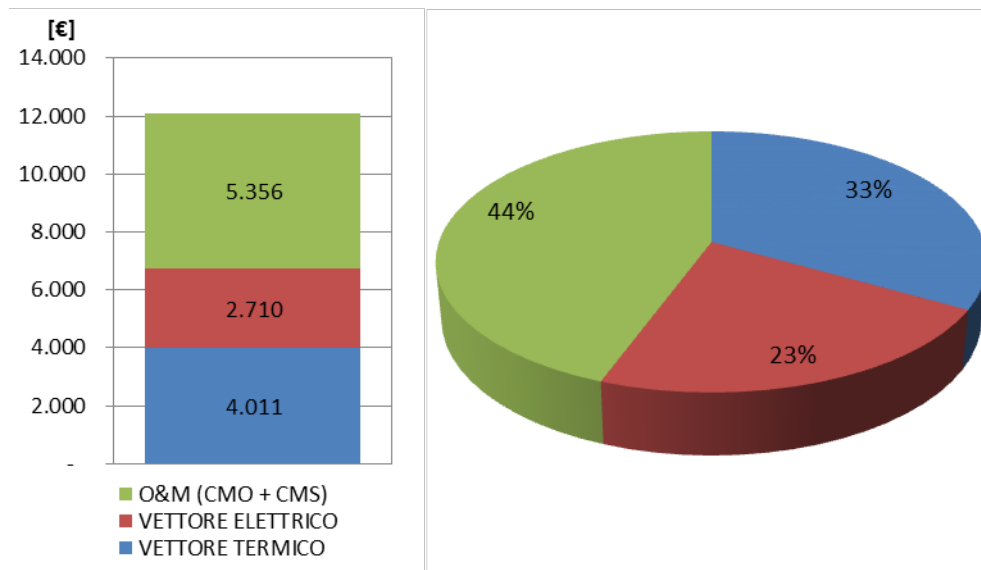
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 6.721 € e un  $C_{baseline}$  pari a 12.077 €.

Tabella 7.9 – 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
45.228	0,089	4.011	10.756	0,252	2.710	5.356	4.231	1.125	12.077

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### **EEM1: 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.

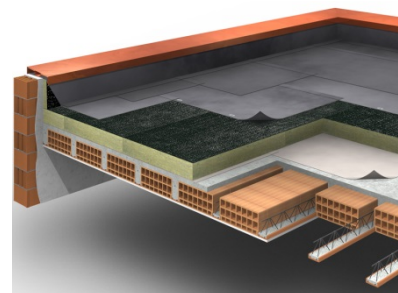
Figura 8.1 - Particolare copertura piana su cui intervenire.



###### **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: 12 cm**

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

L'intervento è così articolato:

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

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2

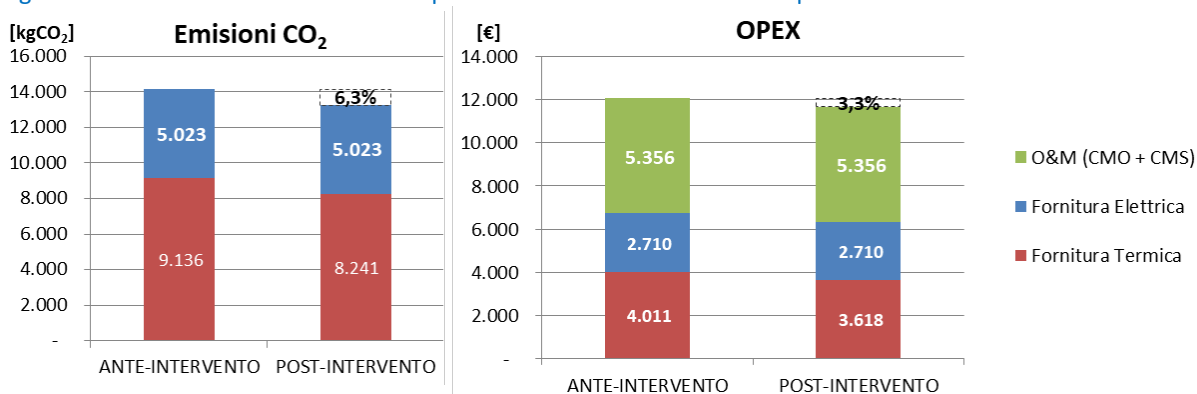
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – isolamento dall'esterno della copertura piana

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	0,52	0,19	<b>63,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.274	42.643	<b>9,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	10.448	10.448	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	45.228	40.797	<b>9,8%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	10.756	10.756	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.136	8.241	<b>9,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.023	5.023	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>14.159</b>	<b>13.264</b>	<b>6,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.011	3.618	<b>9,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.710	2.710	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>6.721</b>	<b>6.328</b>	<b>5,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.231	4.231	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.125	1.125	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.356</b>	<b>5.356</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>12.077</b>	<b>11.684</b>	<b>3,3%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,089 €/kWh per il vettore termico e 0,252 €/kWh

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



## **EEM2: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca**

### **Generalità**

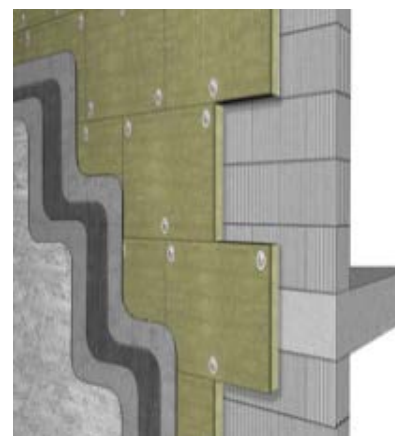
La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulla chiusura verticale opaca dell'intero edificio al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Figura 8.3 – Particolare della facciata da isolare esposta a nord ovest



### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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



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

**Spessore isolante: 14 cm**

### **Descrizione dei lavori**

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

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

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

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

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.



## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

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

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

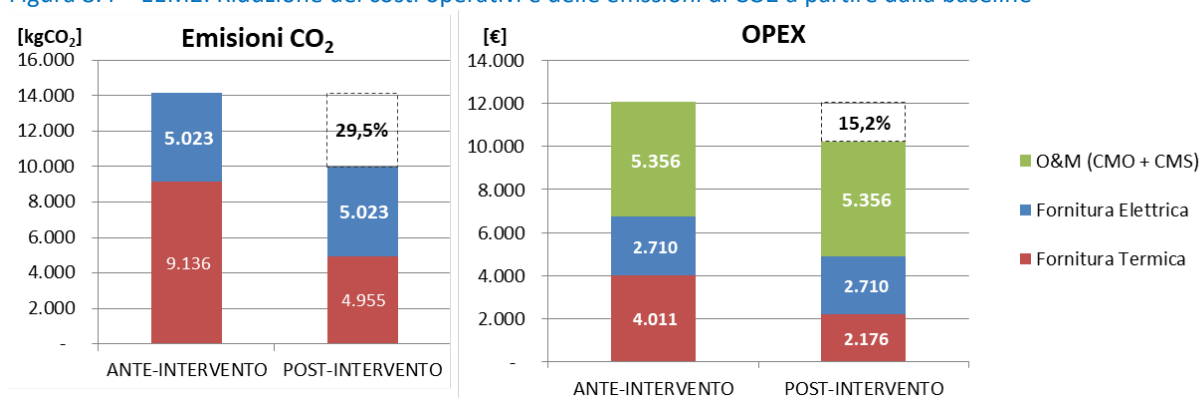
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	2,22	0,23	<b>89,6%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.274	25.641	<b>45,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	10.448	10.448	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	45.228	24.531	<b>45,8%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	10.756	10.756	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.136	4.955	<b>45,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.023	5.023	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>14.159</b>	<b>9.979</b>	<b>29,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.011	2.176	<b>45,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.710	2.710	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>6.721</b>	<b>4.886</b>	<b>27,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.231	4.231	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.125	1.125	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.356</b>	<b>5.356</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>12.077</b>	<b>10.241</b>	<b>15,2%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,089 €/kWh per il vettore termico e 0,252 €/kWh

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> 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 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.

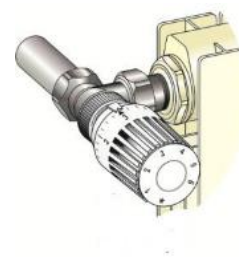
Figura 8.5 – Sistema di generazione obsoleto da sostituire



### 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 e nella Figura 8.6.

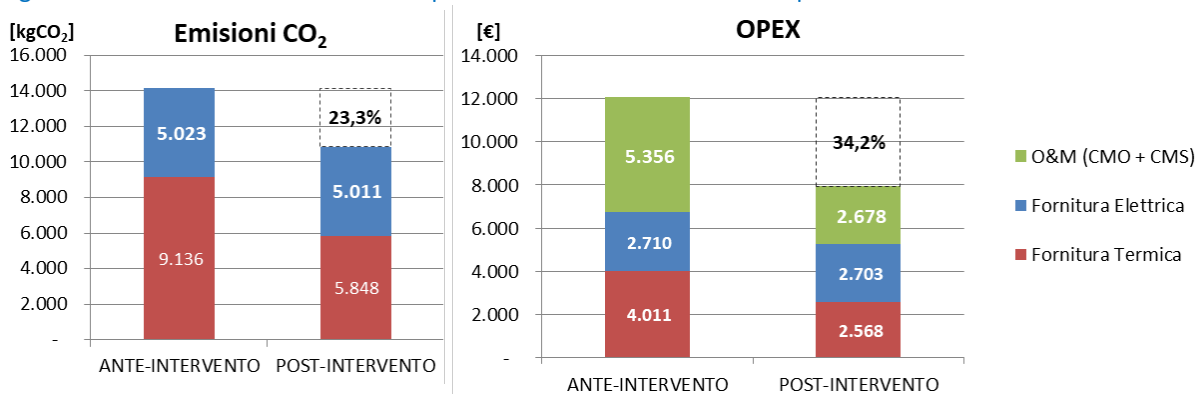
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione del generatore di calore obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento	[%]	78	103	-32,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	47.274	30.261	36,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	10.448	10.423	0,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	45.228	28.951	36,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	10.756	10.730	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.136	5.848	36,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.023	5.011	0,2%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>14.159</b>	<b>10.859</b>	<b>23,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	4.011	2.568	36,0%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	2.710	2.703	0,2%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>6.721</b>	<b>5.271</b>	<b>21,6%</b>
$C_{MO}$	[€]	4.231	2.116	50,0%
$C_{MS}$	[€]	1.125	562	50,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>5.356</b>	<b>2.678</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>12.077</b>	<b>7.949</b>	<b>34,2%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,089 €/kWh per il vettore termico e 0,252 €/kWh.

Nota (2) La riduzione del 50% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi 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 EEM prevista perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM4: 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 con lampade a led.

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

Figura 8.7 - 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.

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

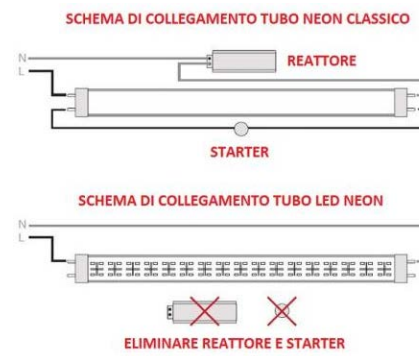
- Efficienza luminosa: L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a **LED** proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **150 lm/W**.
- Salubrità e rischio inquinamento: i LED non contengono gas nocivi alla salute e le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni sono nulle.

### Descrizione dei lavori

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

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

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



### Prestazioni raggiungibili

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

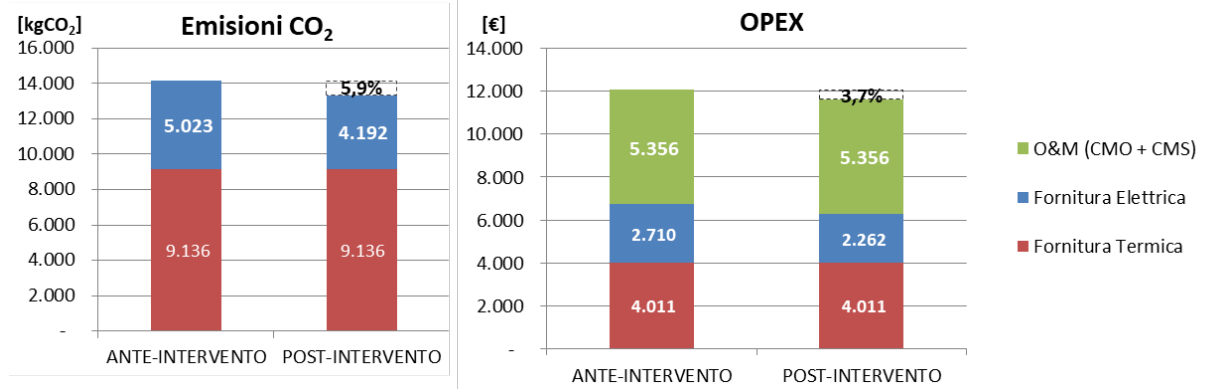
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Efficienza	[lm/W]	84	150	<b>-78,6%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.274	47.274	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	10.448	8.720	<b>16,5%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	45.228	45.228	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	10.756	8.976	<b>16,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.136	9.136	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.023	4.192	<b>16,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>14.159</b>	<b>13.328</b>	<b>5,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.011	4.011	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.710	2.262	<b>16,5%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>6.721</b>	<b>6.273</b>	<b>6,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.231	4.231	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.125	1.125	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.356</b>	<b>5.356</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>12.077</b>	<b>11.628</b>	<b>3,7%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,089 €/kWh per il vettore termico e 0,252 €/kWh

Figura 8.8 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessuna EEM prevista in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

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

Nella Tabella 9.2 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 7.354 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	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	326	mq	6,55	5,95	1.941,18	22%	2.368,24
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	326	mq	5,67	5,15	1.680,38	22%	2.050,07
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	3912	mq cm	2,00	1,82	7.112,73	22%	8.677,53
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	232,5	mq	14,03	12,75	2.965,43	22%	3.617,83
Costi per la sicurezza	-	3%	%			410,99	22%	501,41
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			958,98	22%	1.169,96
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>15.069,70</b>	<b>22%</b>	<b>18.385,03</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>7.354</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>1.471</b>

**EEM2: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca.

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 9.824 euro.

Tabella 9.3– Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	245,6	mq	13,98	12,71	3.121,35	22%	3.808,05
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	3438,4	mq cm	2,00	1,82	6.251,64	22%	7.627,00
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1. A10	245,6	mq	21,79	19,81	4.865,11	22%	5.935,44
Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	245,6	mq	5,32	4,84	1.187,81	22%	1.449,13
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	245,6	mq	19,79	17,99	4.418,57	22%	5.390,65
Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	245,6	mq	7,91	7,19	1.766,09	22%	2.154,63
Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	245,6	mq	13,48	12,25	3.009,72	22%	3.671,85
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	245,6	mq	5,98	5,44	1.335,17	22%	1.628,91
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	337,7	mq	14,03	12,75	4.307,21	22%	5.254,80
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	337,7	mq/mese	1,30	1,18	399,10	22%	486,90
Costi per la sicurezza	-	3%	%			919,85	22%	1.122,22
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.146,32	22%	2.618,51





<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>	<b>33.727,94</b>	<b>22 %</b>	<b>41.148,09</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>		<b>9.824</b>
<b>Durata incentivi</b>			<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>			<b>1.965</b>

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

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste sostituzione del sistema di generazione obsoleto 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 2.860 euro.

Tabella 9.5– Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Caldaie a condensazione a basamento 55 kW	Listino RIELLO	1	cad	6.455,00	5.868,18	5.868,18	22%	7.159,18
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio	Prezziario Regione Liguria	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31

**E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia**

specializzato

RU.M01.E01.020

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	18	cad	35,42	32,20	579,60	22%	707,11
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 13 m³/h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.125	1	cad	2.031,27	1.846,61	1.846,61	22%	2.252,86
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	50,06	45,51	45,51	22%	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			331,98	22%	405,01
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			774,62	22%	945,03
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>						<b>12.172,55</b>	<b>22 %</b>	<b>14.850,51</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>2.860</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5 anni</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>572</b>

**EEM4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza**

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di sorgenti luminose 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 2.403 euro.

Tabella 9.7– 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 9.8 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	26	cad	5,73	5,21	135,44	22%	165,23
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - bilampada led 4000K 7500 lm potenza 56 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.f	26	cad	183,70	167,00	4.342,00	22%	5.297,24
Costi per la sicurezza	-	3%	%			134,32	22%	163,87
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			313,42	22%	382,37
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>						<b>4.925,18</b>	<b>22%</b>	<b>6.008,72</b>
Incentivi	<b>Conto termico 2.0</b>							<b>2.403</b>
Durata incentivi								<b>5 anni</b>
Incentivo annuo								<b>481</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:

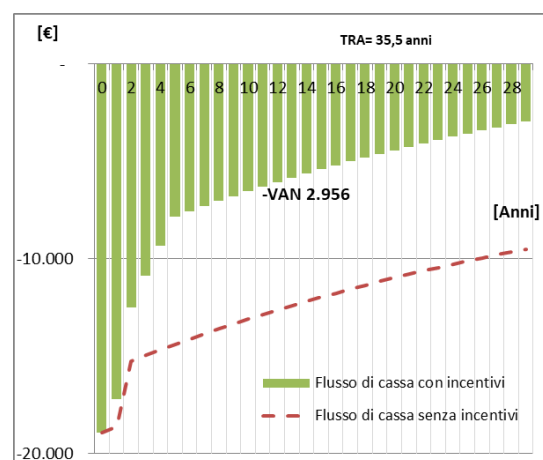
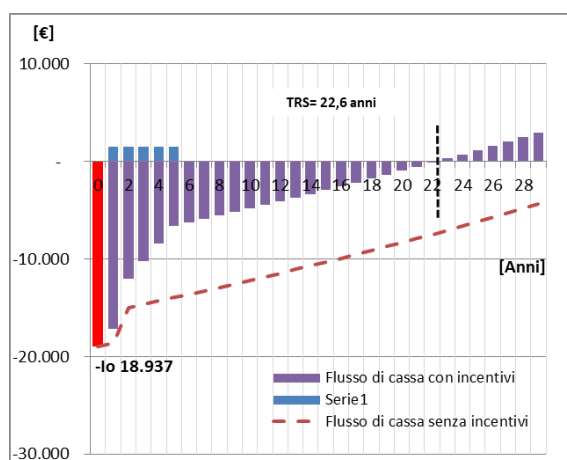
Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– isolamento dall'esterno della copertura piana

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	18.385
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	1.471
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	39,1	22,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	60,2	35,5
Valore attuale netto	VAN	- 9.503	- 2.956
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,9%	1,7%
Indice di profitto	IP	-0,52	-0,16

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM1 non risulta economicamente vantaggiosa.

**EEM2: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

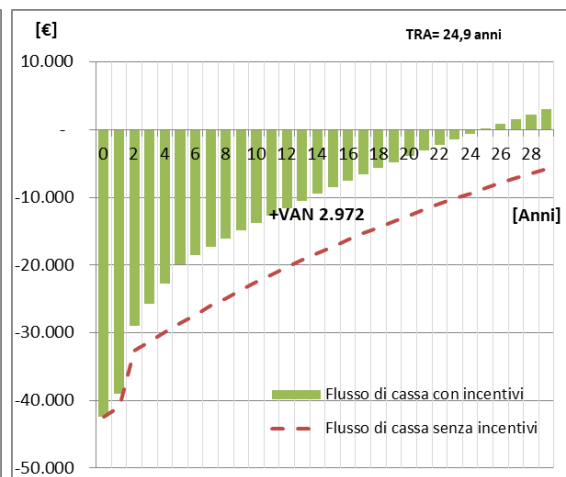
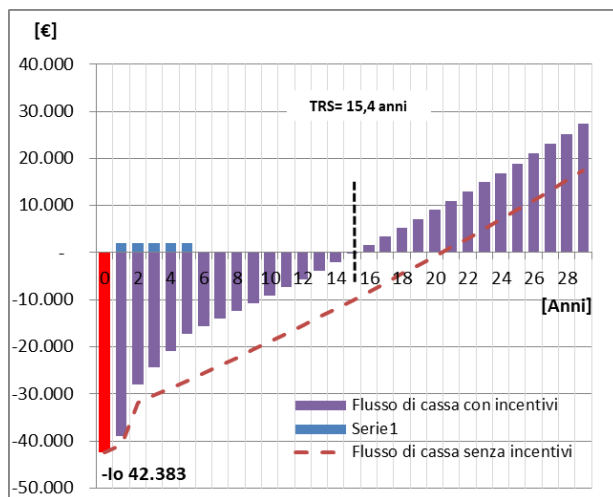
Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	41.148
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	1.965
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	20,4	15,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	34,7	24,9
Valore attuale netto	VAN	- 5.775	2.972
Tasso interno di rendimento	TIR	2,7%	4,8%
Indice di profitto	IP	-0,14	0,07

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2 risulta economicamente vantaggiosa; l'isolamento a cappotto delle pareti perimetrali dell'edificio oggetto di DE è da ritenere prioritario per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

### **EEM3: Sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

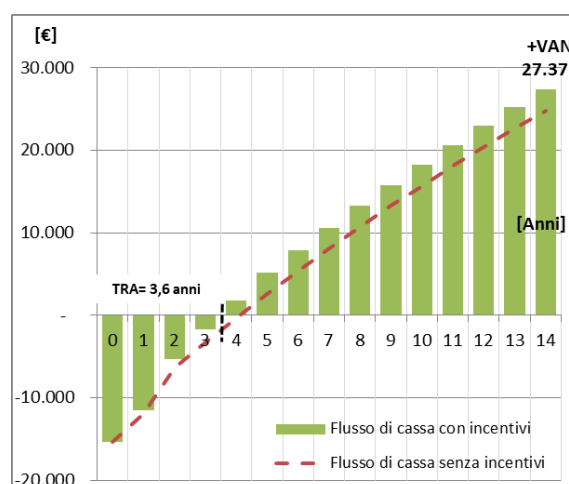
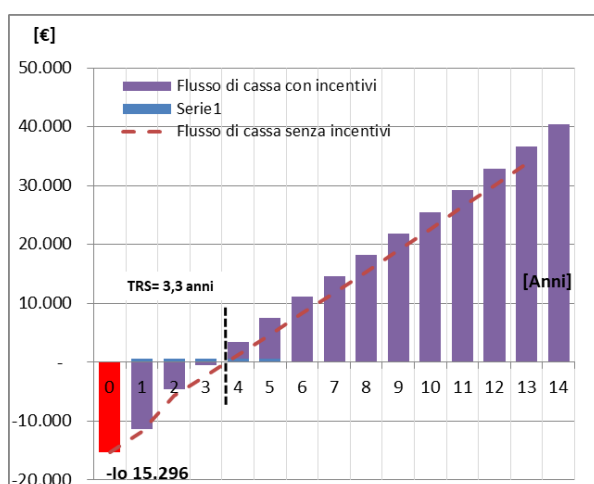
Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	14.851
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	572
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	3,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,3	3,6
Valore attuale netto	VAN	24.824	27.371
Tasso interno di rendimento	TIR	24,6%	27,7%
Indice di profitto	IP	1,67	1,84

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

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

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



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

**EEM4: Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

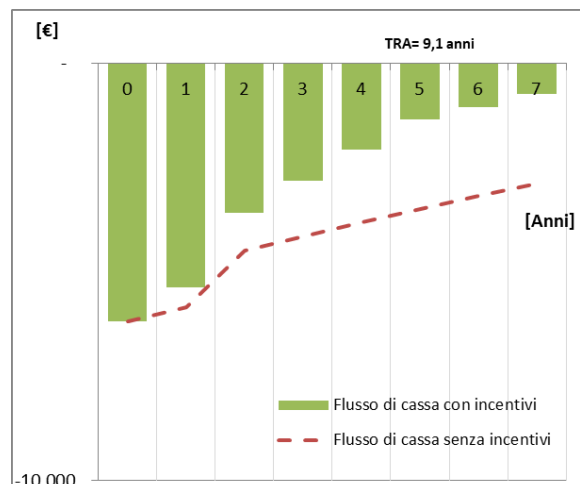
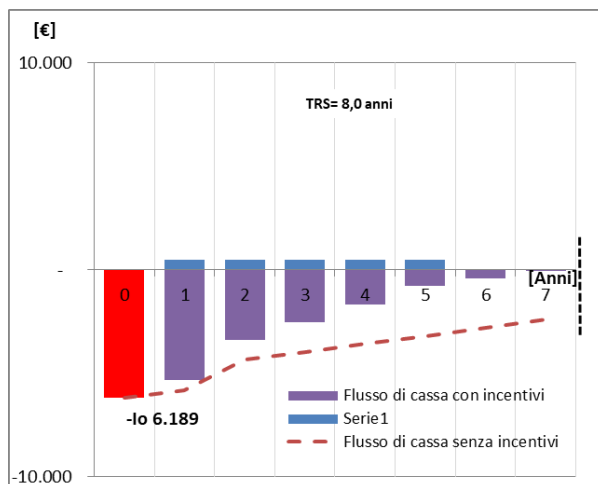
Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	6.009
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	481
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	13,1	8,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	14,9	9,1
Valore attuale netto	VAN	- 2.877	- 737
Tasso interno di rendimento	TIR	-12,4%	0,0%
Indice di profitto	IP	-0,48	-0,12

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 non risulta economicamente vantaggiosa se paragonata ad una vita utile di 8 anni; l'installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza porterebbe ad una significativa riduzione i consumi di energia elettrici dovuti all'utilizzo dell'impianto di illuminazione interna.



## Sintesi

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

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	5,8%	6,3%	392,9	0,0	0,0	18.385	39,1	60,2	30	-9.503	-1,9%	-0,52
EEM 2	27,3%	29,5%	1.835,5	0,0	0,0	41.148	20,4	34,7	30	-5.774	2,7%	-0,14
EEM 3	21,6%	23,3%	1.450,1	2.115,5	562,4	14.850	3,7	4,3	15	24.824	24,6%	1,67
EEM 4	6,7%	5,9%	448,4	0,0	0,0	6.008	13,1	14,9	8	-2.876	-12,4%	-0,48

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 le EEM 2 e EEM3 hanno un TRS minore rispetto alla loro vita utile anche se l'unico intervento conveniente dal punto di vista economico risulta essere EEM3.

Tabella 9.14 – 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]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	5,8%	6,3%	393	0	0	18.385	22,6	35,5	30	-2.956	1,7%	-0,16
EEM 2	27,3%	29,5%	1.835	0	0	41.148	15,4	24,9	30	2.972	4,8%	0,07
EEM 3	21,6%	23,3%	1.450	2.116	562	14.851	3,3	3,6	15	27.371	27,7%	1,84
EEM 4	6,7%	5,9%	448	0	0	6.009	8,0	9,1	8	-737	0,0%	-0,12

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi hanno un TRS minore rispetto alla loro vita utile e l'unico intervento non conveniente dal punto di vista economico risulta essere EEM1.

## 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 proposti, 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 ottimali 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 intenderanno 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: EEM2 +EEM3:** Tale scenario consiste nell'isolamento delle pareti perimetrali, nella sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione delle valvole termostatiche.
- **Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3:** Tale scenario consiste nell'isolamento della copertura piana e delle pareti perimetrali e nella sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione delle valvole termostatiche.

### 9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM3

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

- EEM 2: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca
- EEM 3: sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione di valvole termostatiche

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

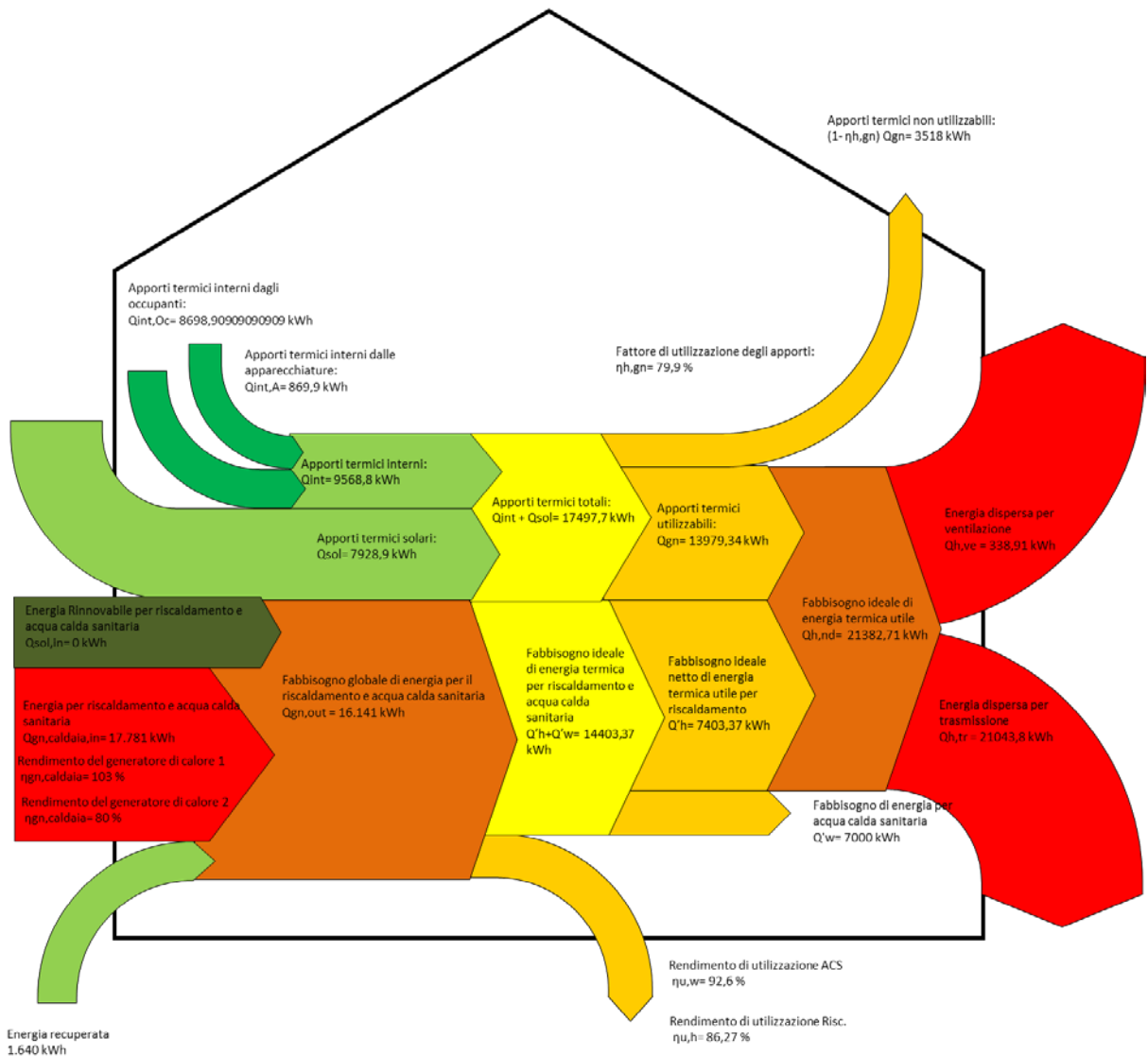
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	30.662	6.746	37.407
EEM3 Fornitura & Posa	11.066	2.435	13.500
Costi per la sicurezza	1.252	275	1.527
Costi per la progettazione	2.921	643	3.564
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>45.900</b>	<b>10.098</b>	<b>55.999</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	2.116	562	2.678
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.116</b>	<b>562</b>	<b>2.678</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>17.441</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>3.488</b>	

Tabella 9.16– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM2	100 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM3	130 €/kWt
Valore massimo incentivo EEM2	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	40.000 €

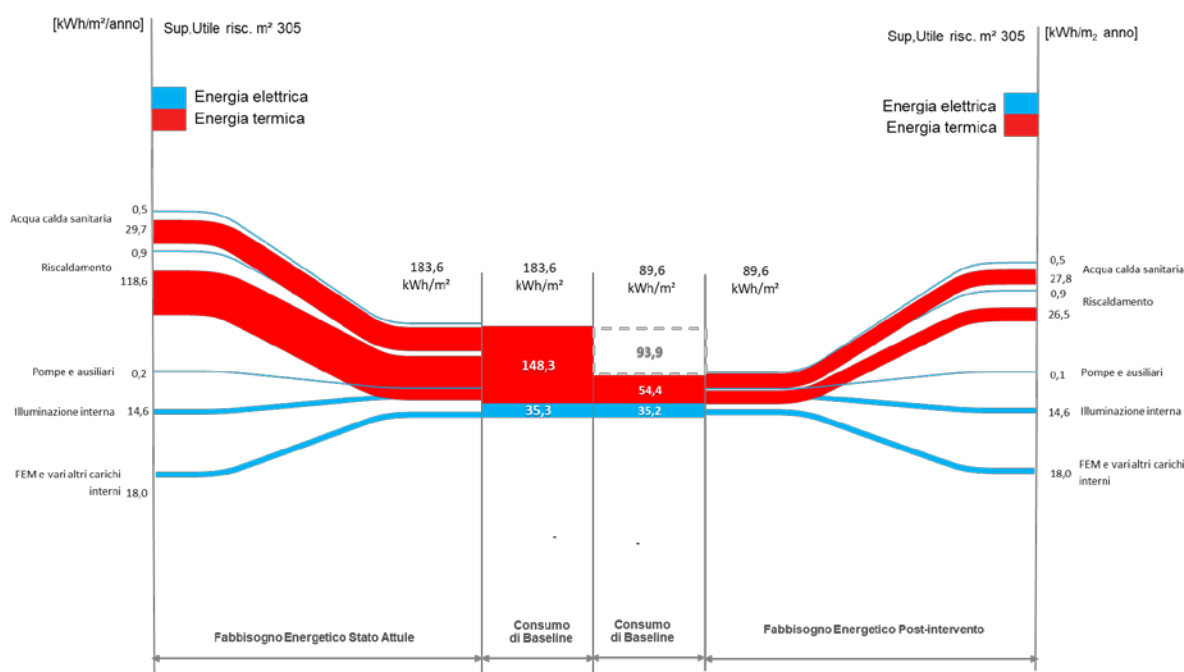
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il rendimento del generatore di calore 1 è migliorato rispetto alla situazione attuale (da 81% a 103%). Il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 93% mentre quello per produzione acs è 86%.

Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



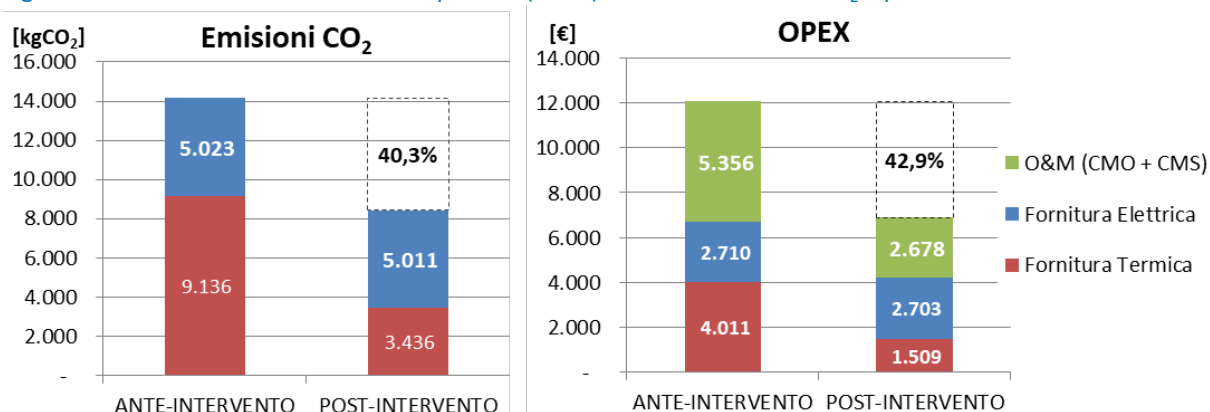
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.11

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN1 – EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U. M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Trasmittanza	[W/m²K]	2,22	0,23	<b>89,6%</b>
EEM3 Rendimento	[%]	78	95	<b>-21,8%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	47.274	17.781	<b>62,4%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	10.448	10.423	<b>0,2%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	45.228	17.011	<b>62,4%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	10.756	10.730	<b>0,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.136	3.436	<b>62,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.023	5.011	<b>0,2%</b>
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>14.159</b>	<b>8.447</b>	<b>40,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	4.011	1.509	<b>62,4%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	2.710	2.703	<b>0,2%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>6.721</b>	<b>4.212</b>	<b>37,3%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, $C_{MO}$	[€]	4.231	2.116	<b>50,0%</b>
Costo Manutenzione Straordinaria, $C_{MS}$	[€]	1.125	562	<b>50,0%</b>
Costo per O&M ( $C_M = C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>5.356</b>	<b>2.678</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>12.077</b>	<b>6.890</b>	<b>42,9%</b>
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,089 [€/kWh] per il vettore termico e 0,252 [€/kWh]

Figura 9.11 - 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 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1–EEM2+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	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	13
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 55.999
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.680
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 57.679
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 46.143
Equity	$I_E$	€ 11.536
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	10,24
Rata annua debito	$q_D$	€ 4.508
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 58.607
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 12.465

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	5.509
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	4.390
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>9.899</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>37,3%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>50,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>5,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>3.839</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	495
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	22.873
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	5.087
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>7,30%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	301
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	890
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	2.153
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	2.279
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	3.781
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	6.060
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	3.344
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>9.404</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	10.098
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	17.441
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.20 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>9,62</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>13,48</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>2.664</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>4,95%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>4,76%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>2,85</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>3,40</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>3.061</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>28,18%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,155</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>0,788</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>5,47%</b>

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia



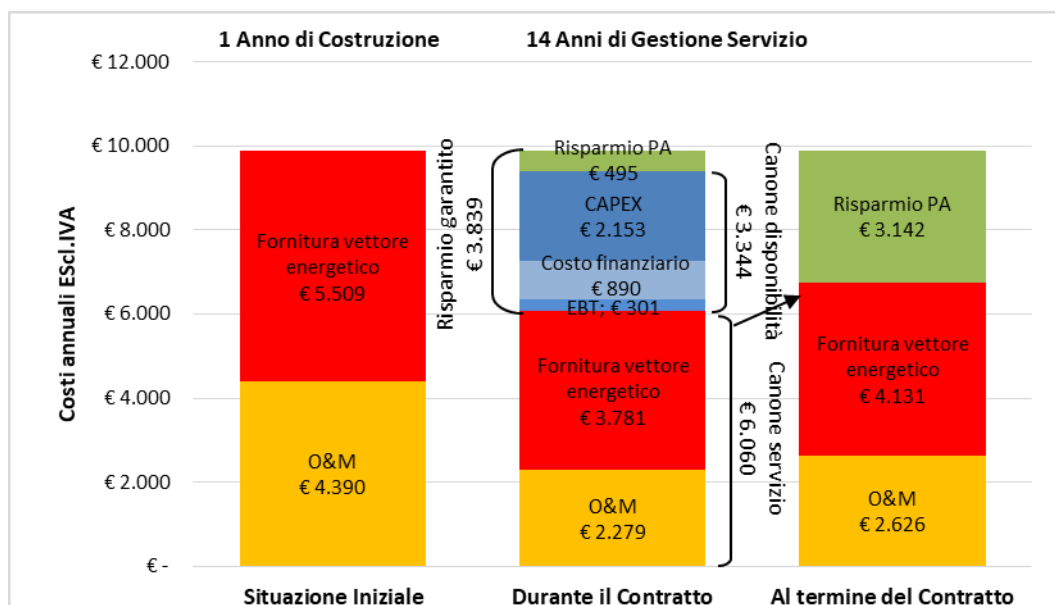
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta conveniente e il TRS è intorno ai 3 anni.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



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

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

- EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

- EEM 2: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca
- EEM 3: sostituzione del sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione ed installazione di valvole termostatiche

Tabella 9.21 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

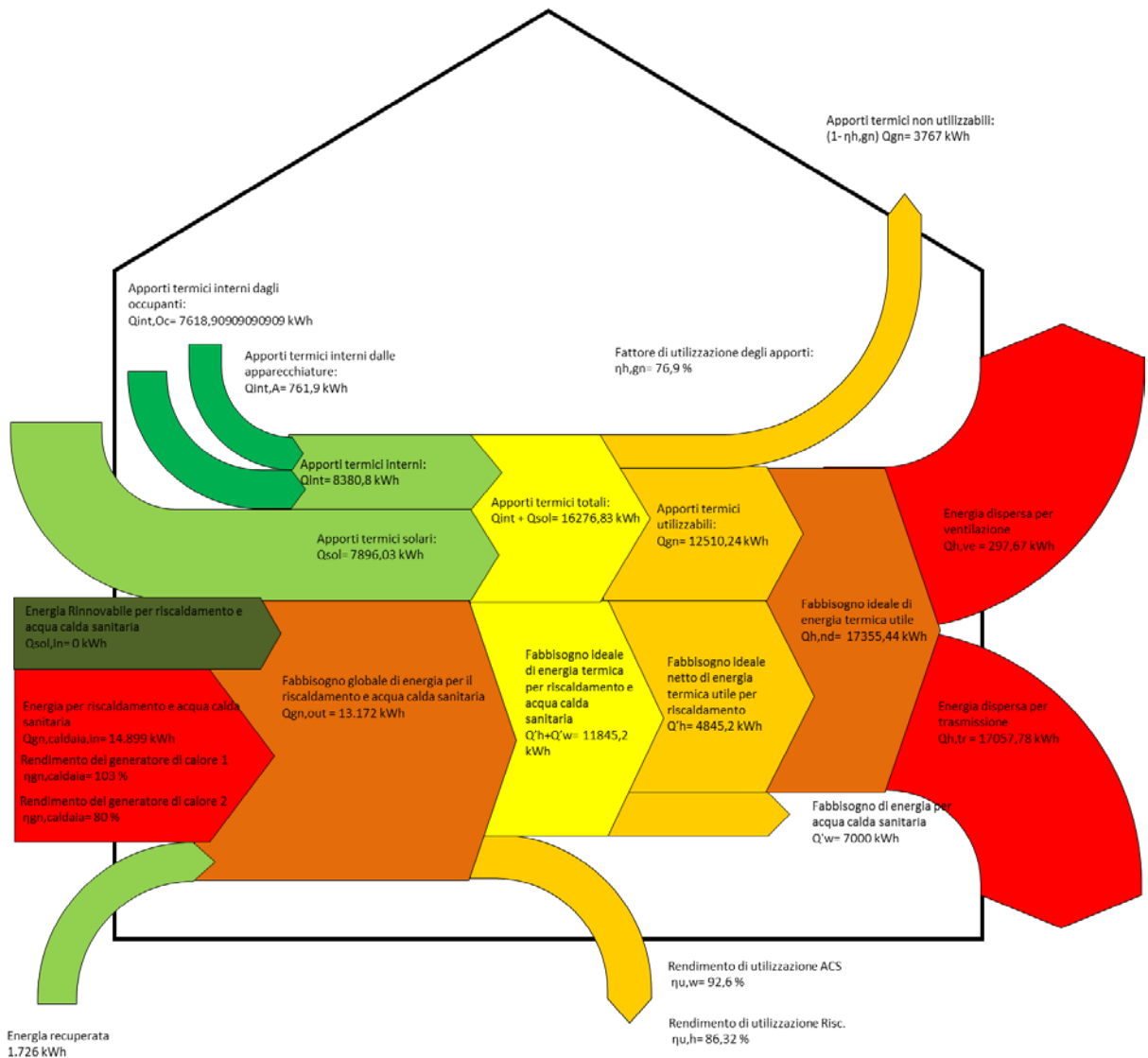
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	13.700	3.014	16.714
EEM2 Fornitura & Posa	30.662	6.746	37.407
EEM3 Fornitura & Posa	11.066	2.435	13.500
Costi per la sicurezza	1.663	366	2.029
Costi per la progettazione	3.880	854	4.734
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>60.970</b>	<b>13.413</b>	<b>74.384</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	2.116	562	2.678
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.116</b>	<b>562</b>	<b>2.678</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>25.729</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>5.146</b>	

Tabella 9.22– 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	100 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM3	130 €/kWt
Valore massimo incentivo EEM1	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	40.000 €

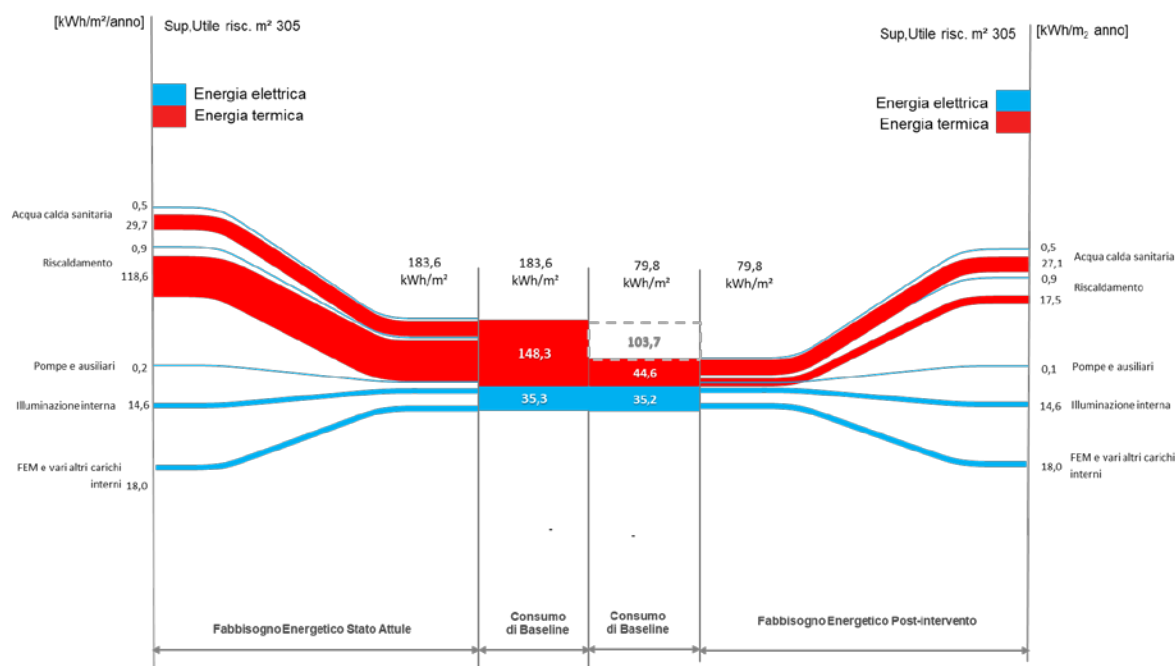
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il rendimento del generatore di calore 1 è migliorato rispetto alla situazione attuale (da 81% a 103%). Il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 93%.

Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



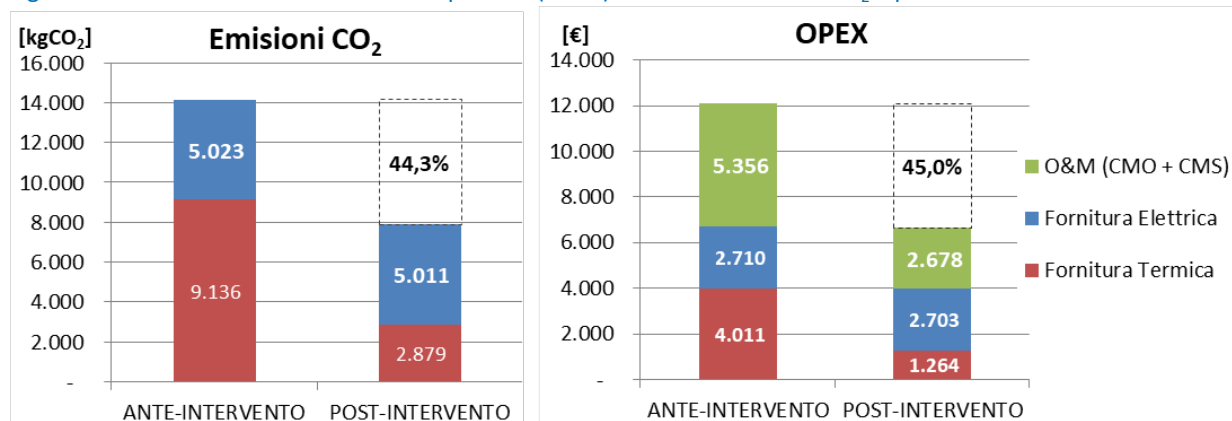
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.23 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.23 – Risultati analisi SCN2 – EEM1 + EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza	[W/m²K]	0,52	0,19	<b>63,5%</b>
EEM2 Trasmittanza	[W/m²K]	2,22	0,23	<b>89,6%</b>
EEM3 Rendimento	[%]	78	89	<b>-14,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	47.274	14.899	<b>68,5%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	10.448	10.423	<b>0,2%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	45.228	14.254	<b>68,5%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	10.756	10.730	<b>0,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	9.136	2.879	<b>68,5%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	5.023	5.011	<b>0,2%</b>
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>14.159</b>	<b>7.890</b>	<b>44,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	4.011	1.264	<b>68,5%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	2.710	2.703	<b>0,2%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>6.721</b>	<b>3.968</b>	<b>41,0%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, C <sub>MO</sub>	[€]	4.231	2.116	<b>50,0%</b>
Costo Manutenzione Straordinaria, C <sub>MS</sub>	[€]	1.125	562	<b>50,0%</b>
Costo per O&M (C <sub>M</sub> = C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.356</b>	<b>2.678</b>	<b>50,0%</b>
OPEX	[€]	<b>12.077</b>	<b>6.645</b>	<b>45,0%</b>
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,089 [€/kWh] per il vettore termico e 0,252 [€/kWh]

Figura 9.17 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.24,

Tabella 9.25, Tabella 9.26 e nelle successive figure.

Tabella 9.24 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2–EEM1 + EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	$n_i$		1
Anni Gestione Servizio	$n_s$		24
Anni Concessione	$n$		25
Anno inizio Concessione	$n_0$		2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	$f$		0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$		0,70%
%, interessi debito	$k_D$		3,82%
%, interessi equity	$k_E$		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$		27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$		13
Anni Equity	$n_E$		24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€	74.384
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2.232
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	76.615
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	$I_D$	€	61.292
Equity	$I_E$	€	15.323
Fattore di annualità Debito	$FA_D$		10,24
Rata annua debito	$q_D$	€	5.988
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	77.849
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	16.557

Tabella 9.25 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 5.509
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{MO}$	€ 4.390
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 9.899
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	41,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 3.772
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 495
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 52.220
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 6.004
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	32,13%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 1.026
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 690
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 1.561
Canone O&M €/anno	$CnM$	€ 2.338
Canone Energia €/anno	$CnE$	€ 3.790
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€ 6.127
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€ 3.277
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€ 9.404
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 13.413
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 25.729
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.26 – 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.	11,22
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	17,19
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 9.874
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	5,90%
Indice di Profitto	IP	13,27%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	T.R.S.	11,34
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,56
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 4.435
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	18,38%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,058
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,272
Indice di Profitto Azionista	IP	5,96%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

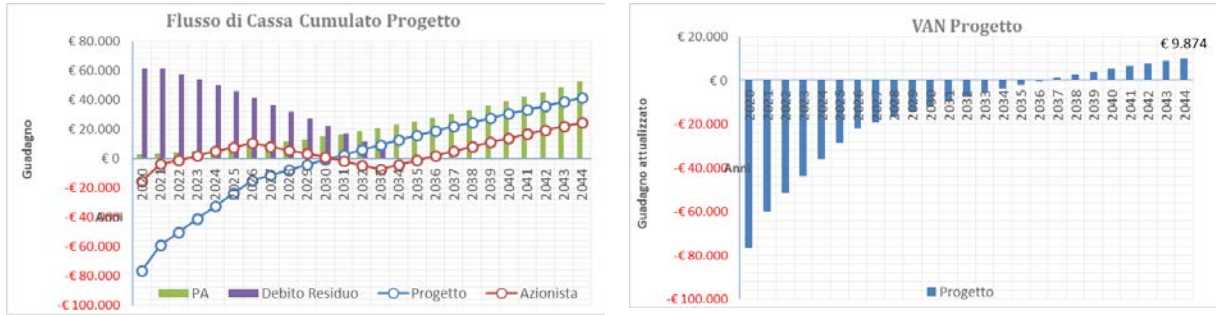


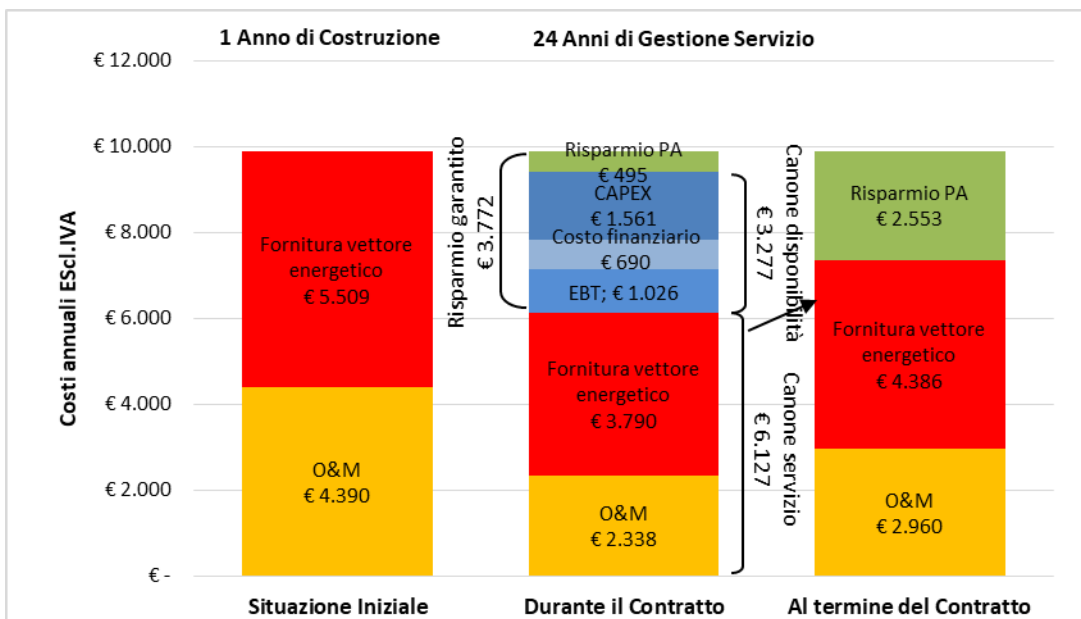
Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 risulta conveniente ma DSCR è minore di 1,3.

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

Figura 9.20 – Scenario 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 sia per l'indice IEN<sub>R</sub> del 2015 sia per quello del 2016 e SUFFICIENTE per l'indice IEN<sub>R</sub> del 2014 mentre l'indice IEN<sub>E</sub> risulta INSUFFICIENTE per tutti e tre gli anni.

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	21,2	18,4	14,5	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	34,4	33,2	32,0

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

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l'isolamento a cappotto delle pareti perimetrali, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l'isolamento della copertura, l'isolamento a cappotto delle pareti perimetrali, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Nel caso con incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi. Solo lo scenario 2 ha LLCR maggiore di 1 e nessuno degli scenari ha DSCR maggiore di 1,3.

CON INCENTIVI														
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	37,3%	40,3%	2.509	2.116	562	55.999	2,9	3,4	15	3.061	28,2%	0,05	1,2	0,8
SCN 2	41,0%	44,3%	2.754	2.116	562	74.384	11,3	11,6	25	4.435	18,4%	0,06	1,1	1,3

Nel caso senza incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari non risultano convenienti in quanto mostrano VAN negativi.

SENZA INCENTIVI														
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	37,3%	40,3%	2.509,0	2.115,5	562,4	55.999	19,5	25,6	15	-9.387	-31,1%	-0,17	0,9	0,7
SCN 2	41,0%	44,3%	2.753,6	2.115,5	562,4	74.384	25,4	67,4	25	-13.927	-0,3%	-0,19	0,8	1,1



### 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 dell'involucro in particolare sulle chiusure verticali opache che consentono di ottenere buoni risultati sia in termini di risparmio energetico sia sulla remunerabilità grazie all'incentivo del Conto termico 2.0.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

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	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01344
02	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	10/1997	PIANC
03	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	10/1997	PIANT
04	SCHEDA CENTRALE TERMICA	05/2017	121-P00-019
05	CENSIMENTO PIANO TERRA	05/2017	L1-042-121-P00
06	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-121-P00-Checklist
07	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065499
08	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098221
09	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134954
10	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176200
11	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214973
12	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248946
13	FATTURA DEL 08/08/2014	-	5700261641
14	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291259
15	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345571
16	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373395
17	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411457
18	FATTURA DEL 24/02/2015	-	5700477402
19	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700510846
20	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081986
21	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544221
22	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081986
23	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140843
24	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163928
25	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175671
26	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337521
27	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234064
28	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281519
29	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163928
30	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386675
31	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281519
32	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337521
33	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386675
34	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337521
35	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163928
36	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386675
37	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163928
38	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432862
39	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483581
40	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018556
41	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483581
42	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018556
43	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084133
44	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018556
45	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084133
46	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163928
47	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310244
48	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150589
49	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150589
50	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084134
51	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334603
52	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238236
53	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334603
54	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150589

*E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia*

55	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194172
56	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194172
57	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238236
58	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278553
59	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334603
60	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025276
61	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087947
62	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025276
63	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
64	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
65	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
66	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126640
67	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042571
68	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
69	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581
70	FATTURA DEL 25/08/2015	-	20151783
71	FATTURA DEL 15/07/2015	-	P150007518
72	FATTURA DEL 18/08/2015	-	P150015576
73	FATTURA DEL 16/09/2015	-	P150019771
74	FATTURA DEL 16/10/2015	-	P150032667
75	FATTURA DEL 16/11/2015	-	P150037967
76	FATTURA DEL 17/08/2015	-	20151400
77	FATTURA DEL 16/12/2015	-	P150048624
78	FATTURA DEL 19/01/2016	-	P160003881
79	FATTURA DEL 16/02/2016	-	P160012671
80	FATTURA DEL 16/03/2016	-	P160023980
81	FATTURA DEL 15/04/2016	-	P160031417
82	FATTURA DEL 06/05/2016	-	EX15066/2016
83	FATTURA DEL 18/05/2016	-	P160041242
84	FATTURA DEL 10/06/2016	-	EX19107/2016
85	FATTURA DEL 04/07/2016	-	EX22893/2016
86	FATTURA DEL 19/07/2016	-	P160053190
87	FATTURA DEL 08/08/2016	-	EX26900/2016
88	FATTURA DEL 05/09/2016	-	EX31010/2016
89	FATTURA DEL 06/10/2016	-	EX33534/2016
90	FATTURA DEL 14/11/2016	-	EX38844/2016
91	FATTURA DEL 12/12/2016	-	EX43773/2016
92	FATTURA DEL 10/01/2017	-	EX03011/2017

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE	03/2018	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
03	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
04	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1344 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-E1344_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

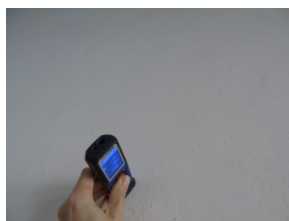
##### **Distanziometro e bindella metrica**

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.

## E1344 – Scuola Comunale Infanzia Fantasia

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-E1344_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	01/2018	DE_Lotto.2-E1344_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-E1344_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	03/2018	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1344_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1344_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-E1344_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1344_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-E1344_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

**ALLEGATO N – CD-ROM**